

Zur Frage
des Kreuzbandersatzes
mit lyophilisierter
menschlicher Dura
beim Hund

*Experimentelle
Untersuchungen*

Ulrike Matis

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553809_0056

Aus der Chirurgischen Klinik
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Schebitz

Zur Frage
des Kreuzbandersatzes
mit lyophilisierter
menschlicher Dura
beim Hund

Experimentelle Untersuchungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Ulrike Matis aus Ellwangen

München 1973



Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. E. DAHME

Referent: Prof. Dr. H. SCHEBITZ

Korreferent: Prof. Dr. J. v. SANDERSLEBEN

Tag der Promotion: 23. 2. 1973

MEINEN ELTERN IN DANKBARKEIT



Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	7
B. Pathogenese und Klinik der Kreuzbandruptur – Literaturübersicht	
I. Anatomische Grundlagen	9
II. Ätiologie und Pathogenese der Kreuzbandruptur	14
III. Diagnose der Kreuzbandruptur	18
IV. Therapie der Kreuzbandruptur	19
C. Dura als natives und als konserviertes Bindegewebstransplantat . .	30
D. Eigene Untersuchungen	
I. Tier- und Versuchsmaterial	33
II. Anordnung und Durchführung der Versuche	36
III. Ergebnisse	41
IV. Zusammenfassung der Ergebnisse	64
E. Diskussion	72
F. Zusammenfassung – Summary	82
G. Literaturverzeichnis	83

A. Einleitung

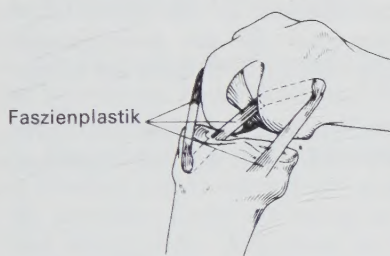


Abb. 1. HEY GROVES (1917).

Während Kreuzbandrupturen beim Menschen schon seit Mitte des vorigen Jahrhunderts bekannt sind (JANIK 1955), datiert die erste Beschreibung eines Kreuzbandrisses beim Hund aus dem Jahre 1926 von CARLIN.

Mit Einführung eines auf dem von HEY GROVES angegebenen Prinzip (Abb. 1) beruhenden Operationsverfahrens in die Tiermedizin durch PAATSAMA (1952) wurden die bis dahin gegebenen Behandlungsmöglichkeiten entscheidend bereichert (Abb. 2), der chirurgischen Therapie entscheidende Impulse verliehen. Die eher defensiven Maßnahmen im Sinne des »Cleaning-up« konnten jetzt durch rekonstruktive Verfahren, Versuche der Wiederherstellung der Kontinuität bzw. des Kreuzbandersatzes durch Transplantate, Implantate, ergänzt und abgelöst werden.

Im Prinzip bessere Behandlungsmöglichkeiten und Verfeinerung der Diagnostik führen zu größeren diagnostischen Bemühungen bzw. zur Steigerung der diagnostischen Ausbeute.

Die bereits unter Normalbedingungen besondere funktionelle Beanspruchung des Kniegelenks bedingt die besondere Anfälligkeit dieses Gelenks für endogene und exogene Noxen.

Die klinische Erfahrung zeigt, daß die für die Stabilität des Kniegelenks besonders wichtigen Kreuzbänder, und hier insbesondere das laterale Kreuzband, einen Locus minoris resistentiae darstellen.

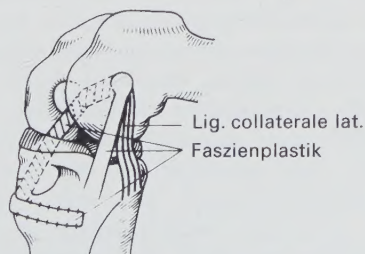


Abb. 2. PAATSAMA (1952).

So ist die Zahl der an der Chirurgischen Universitäts-Tierklinik München wegen Kreuzbandruptur behandelten Hunde in den vergangenen Jahren stetig gestiegen und betrug 1970 2,85% aller stationär behandelten (YÜCEL 1971). Bis zum Jahre 1966 wurde nach WESTHUES (Ersatz des Kreuzbandes durch den Kunststoff Supramid), in den letzten Jahren - von besonderen Indikationen abgesehen - nach PAATSAMA (gestielte Faszienplastik) operiert.

Nachuntersuchungen von ZAHM (1966) und YÜCEL (1971) bestätigen mit einer Erfolgsquote von 80% bzw. 79,2% die klinisch im Prinzip etwa gleiche Leistungsfähigkeit beider Verfahren. Jedoch weisen beide Methoden - entsprechend dem zur Verwendung gelangenden Material für den Kreuzbandersatz - Vor- und Nachteile auf. Gewebsreaktionen auf den implantierten Kunststoff (Supramid) mit allen Konsequenzen für den postoperativen Heilverlauf steht die Gefahr einer Dehnung oder (Spät-)Ruptur des körpereigenen Materials (Faszie) gegenüber.

Mir war deshalb die Aufgabe gestellt worden, ausgehend von den Untersuchungen JÄGERS (1970), *lyophilisierte menschliche Dura* auf ihre *Eignung als Kreuzbandersatz* beim Hund zu überprüfen.

B. Pathogenese und Klinik der Kreuzbandruptur - Literaturübersicht

I. Anatomische Grundlagen

Die folgende kurze Übersicht beschränkt sich auf das zum Verständnis der zu erörternden Zusammenhänge Wesentliche. Es ist hierbei ganz allgemein auf die deskriptive Anatomie in den einschlägigen Lehrbüchern von BAUM u. ZIETZSCHMANN (1936), ELLENBERGER u. BAUM (1943), NICKEL, SCHUMMER u. SEIFERLE (1961) sowie EVANS u. DE LAHUNTA (1971), spezieller hinsichtlich der arteriellen Gefäßversorgung auf Untersuchungen von SCHREIBER (1947) und bezüglich der Darstellung der Topographie für das operative Vorgehen auf die Darstellung von MÜLLER (1969) zu verweisen; Gelenkmechanik, funktionelle Beanspruchung mit Blick auf die Beziehung zur Klinik sind bei SINGLETON (1957, 1961), LOEFFLER (1964), ZAHM (1964) und GEYER (1966) eingehend beschrieben.

Das Kniegelenk. Articul. genus, weist den größten und kompliziertesten Innenraum aller Körpergelenke auf. Es setzt sich aus dem *Kniescheibengelenk* (Articul. femoropatellaris) und dem *Kniekehlgelenk* (Articul. femorotibialis) zusammen, deren Synovialhöhlen in weiter Verbindung stehen. Zur Stabilisierung und Koordination der Bewegung dieser Gelenke dient ein umfangreicher Band-Muskel-Apparat.

Das Kniescheibengelenk wird von der Trochlea patellaris des Os femoris und der Patella, die als Sesambein in die Endsehne des M. quadriceps femoris eingelagert ist, gebildet. Sein Gelenksack ist entwicklungsgeschichtlich aus einem dem Sesambein unterlagerten Schleimbeutel entstanden und kommuniziert tibiawärts mit dem Kniekehlgelenksack. In seinem distalen Abschnitt schließt der Kniescheibengelenksack den infrapatellaren Fettkörper ein, der in diesem Bereich Fibrosa und Synovialis weit voneinander trennt. Da die Patella wie ein Schlitten auf der Rolle des Femur auf- und abgeleitet, wird dieses Gelenk als Schlittengelenk bezeichnet. Von den Kniescheibengelenkbändern imponiert nur das ungeteilte Lig. rectum patellae, gleichzeitig die Endsehne des M. quadriceps femoris darstellend, als Band. Die seitlichen Haltebänder der Patella (Lig. femoropatellare laterale und mediale) sind nur

als Verstärkung der Capsula fibrosa zwischen den Seitenrändern der Patella und den Vesalischen Sesambeinen ausgebildet.

Das Kniekehlgelenk ist funktionell ein Wechselgelenk, das vorwiegend Beuge- und Streckbewegungen, Rotationsbewegungen dagegen nur in geringem Ausmaß zuläßt. Es dient der Artikulation der in Seitenansicht dem Abschnitt einer Spiralwindung gleichenden Femurkondylen (daher die Bezeichnung Spiralgelenk) mit den flachen Gelenkflächen der Tibiakondylen, die in der Mitte durch die Eminentia intercondylica voneinander getrennt sind. – Zum Ausgleich der Inkongruenz der Gelenkflächen sind zwischen Femur und Tibia zwei halbmondförmige Faserknorpelscheiben (Menisci articulares) mit scharfem, konkavem Innenrand und dickem, konvexem Außenrand eingeschoben. Ihre femurseitige Fläche ist leicht ausgehöhlt, die tibiaseitige Fläche eher eben. Der mediale Meniskus ist mit seinem konvexen Rand auf ganzer Länge mit der Gelenkkapsel verbunden, der laterale wird durch die zwischen ihm und dem lateralen Seitenband verlaufende Ursprungssehne des M. popliteus von der Gelenkkapsel abgedrängt. Durch ihre Haltebänder sind die Menisken vorn und hinten an der Tibia verankert, das Hinterhorn des lateralen Meniskus ist noch über das Lig. femorale menisci lateralis am Femur befestigt. Außerdem verbindet das Lig. intermenischorum die Vorderhörner beider Menisken.

Durch die Zwischenschaltung der Menisken zwischen Femur- und Tibiaende werden u. a. kongruente und formveränderungsfähige Gelenkpfannen, eine stoßdämpfende Wirkung, Sperrung bei extremer Beugung und Streckung sowie die jeweils nötige Spannung der Bandverbindungen gewährleistet (SCHREIBER 1947).

Der Gelenksack des Kniekehlgelenks heftet sich mit seinem Stratum fibrosum, der eigentlichen faserigen Gelenkkapsel, an den Gelenkrändern der beteiligten Knochen an und geht dort in den Periostüberzug über. Seine innere Schicht, Stratum synoviale, bildet die Synovialflüssigkeit und entsendet zottenartige Fortsätze (Villi synoviales) und gefäßreiche Falten (Plicae synoviales) in den Kapselinnenraum. Sie wird von kaudal durch die Kreuzbänder und das Lig. femorale menisci lateralis, von der Fibrosa getrennt in den Gelenkraum vorgeschoben. Derart grenzen sich zwei Synovialsäcke, je einer für das laterale und mediale Kondylenpaar, ab. Sie stehen jedoch, durch Einschieben der Menisken jeweils in einen meniskofemorale und meniskotibiale Abschnitt unterteilt, untereinander und mit dem femoropatellaren Gelenksack kommunizierend, in offener Verbindung.

Die Kniekehlgelenkbänder (Femorotibialbänder) stellen die direkte Verbindung zwischen den gelenkbildenden Knochenenden dar. Es sind dies die Seitenbänder (Lig. collaterale laterale und mediale) und die beiden Kreuzbänder (Lig. decussatum laterale und mediale). Die Ursprungssehnen des M. extensor

digitalis pedis longus und des M. popliteus, an der kranialen bzw. kaudalen Muskelgrube des seitlichen Femurkondylus entspringend, entsprechen als »bandhafte Einrichtungen des Kniekehlgelenks« (LOEFFLER 1964) indirekten Verbindungen.

Das Lig. collaterale laterale verläuft von der Bandgrube des lateralen Femurkondylus zum Fibulaköpfchen und mit einzelnen Fasern an den lateralen Tibiakondylus. Das Lig. collaterale mediale ist länger und breiter als das laterale Seitenband. Es entspringt in der Bandgrube des medialen Femurkondylus, verbindet sich mit einem tiefen Bandzug mit dem medialen Meniskus (PAATSAMA) und inseriert mit seinem oberflächlichen Anteil, 3–4 cm unterhalb des proximalen Randes des medialen Tibiakondylus, am Planum cutaneum tibiae.

Die Seitenbänder überbrücken in mittlerer Stellung des Gelenks einen kleineren Radius als in Beuge- und Streckstellung und üben somit eine Bremswirkung auf die Gelenkbewegungen aus.

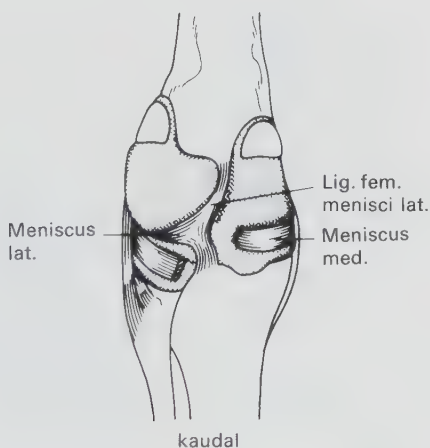


Abb. 3. Erklärung s. Text
(nach EVANS u. DE LAHUNTA 1971).

Die Kreuzbänder (Ligg. decussata) stülpen sich während der Entwicklung von außen in das Gelenk ein und ziehen dabei die Synovialis von kaudal in gekröseartigen Falten, in denen auch die Blutgefäße verlaufen, in den Gelenkraum (Abb. 3). Während die Synovialis die Bänder überzieht, heftet sich die Fibrosa an den kaudalen Rändern der Bänder an. Die Kreuzbänder liegen somit intrakapsulär, jedoch extrasynovial, sie kreuzen sich sowohl in der Ansicht von lateral als auch von kranial (Abb. 4).

Das *laterale Kreuzband* (Lig. decussatum laterale) entspringt an der kaudalen Fläche der Innenseite des lateralen Femurkondylus. Von hier aus zieht es nach

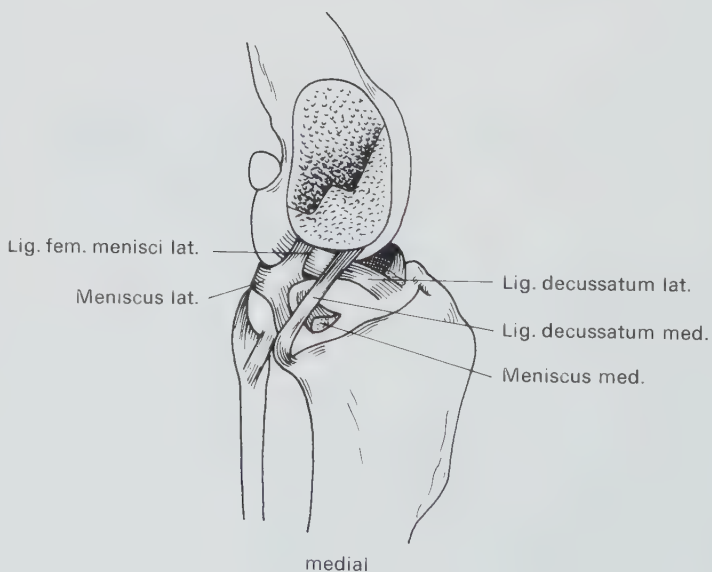
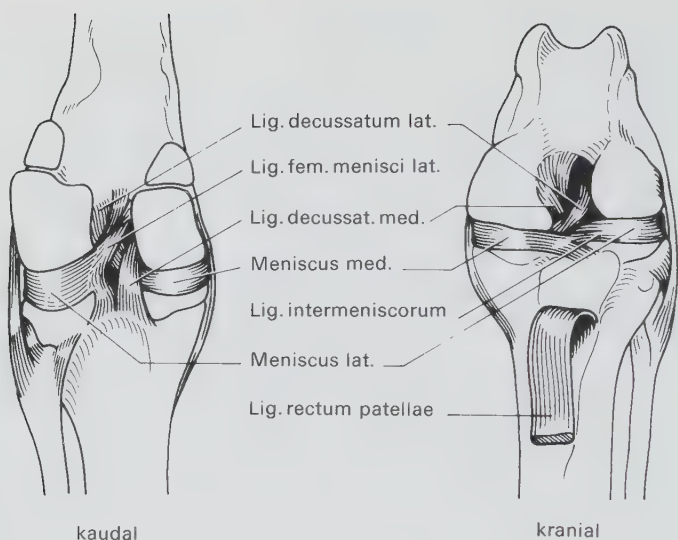
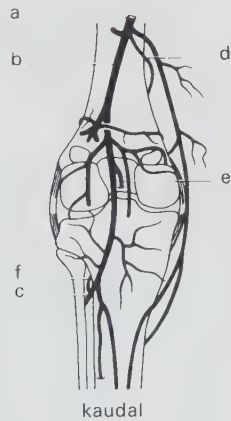


Abb. 4. Anatomie der Kreuzbänder (nach EVANS u. DE LAHUNTA 1971).

kranial, medial und distal zur Fossula intercondylica centralis tibiae, wo es etwas kranial und medial vom vorderen Halteband des medialen Meniskus inseriert. Das laterale Kreuzband setzt sich aus einem kürzeren kranialen und einem längeren kaudalen Anteil zusammen; beide Bandzüge drehen sich von kaudal nach kranial in lateraler Richtung, mit zunehmender Beugung des Gelenks stärker, umeinander. Da bei Streckung die kaudalen und bei Beugung die kranialen Bandanteile mit den Femurkondylen nach proximal verlagert und gespannt werden, ist dieses Kreuzband sowohl bei starker Beugung als auch Streckung gespannt.

- a = A. femoralis
- b = A. poplitea
- c = A. tibialis anterior
- d = A. genus descendens
- e = A. genus media
- f = A. recurrens tibialis posterior



- a = Ramus articularis der A. genus descendens
- b = Verbindungsast zum Ramus patellaris der A. genus descendens
- c = Ast zu den Ligg. decussata
- d = Verbindungsast zwischen dem Ramus articularis der A. genus descendens und dem Gelenkast der A. recurrens tibialis anterior
- e = Gelenkast der A. recurrens tibialis anterior

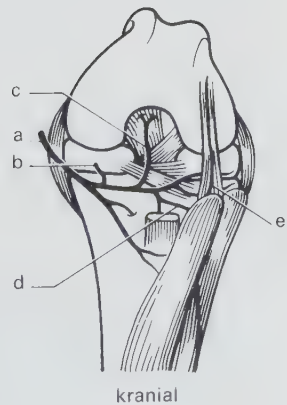


Abb. 5. Gefäßversorgung des Kniegelenks (nach LOEFFLER 1964).

Das kräftigere *mediale Kreuzband* (Lig. decussatum mediale) entspringt kranial an der Innenseite des medialen Femurkondylus und im Gewölbe der Fossa intercondylica. Seine Insertionsstelle erstreckt sich von der Fossula intercondylica caudalis bis zur Incisura poplitea tibiae. Auch hier unterscheidet man zwei Bandzüge, die allerdings mehr in kranio-kaudaler Richtung hintereinander- als umeinandergelagert sind. Bei Streckung des Gelenks spannt sich der kaudale, bei Beugung der kraniale Anteil infolge Verschiebung beider Femurkondylen.

Spannung und Entspannung beider Kreuzbänder erfolgen nicht synchron. Sie wirken, wechselseitig in Aktion tretend, einer Überstreckung bzw. Überbeugung des Gelenks entgegen und befestigen es infolge ihres überkreuzten Verlaufs sowohl gegen starke Bewegung in sagittaler Richtung als auch gegen übermäßige Rotation (KÜPPER 1971).

Blutgefäßversorgung. Die das Kniegelenk des Hundes versorgenden Arterien entstammen der A. femoralis, der A. poplitea und der A. tibialis anterior.

Die Versorgung der Ligg. decussata erfolgt in erster Linie von kaudal durch die A. genus media. Unterstützt und gesichert wird die Blutversorgung des zentralen Bandapparates durch den Ramus articularis der A. genus descendens, der einen Zweig von kranial an den Ursprung des medialen Kreuzbandes und gelegentlich auch an den Ansatz des lateralen Kreuzbandes abgibt (Abb. 5).

Die A. genus media verläßt die A. poplitea kurz nachdem diese in die Fossa intercondylica eingetreten ist. Sie durchdringt die Gelenkkapsel von kaudal und verzweigt sich im Septum intercondylicum, in den Ligg. decussata, im Lig. femorale menisci lateralis und den kaudalen Haltebändern der Menisken. Sie ist in erster Linie für die Versorgung der zentralen Anteile des Kniegelenks verantwortlich. Unterstützt wird sie dabei von dem Ramus articularis der A. genus descendens.

Die A. genus descendens ist das wichtigste Gefäß für die Blutversorgung des Kniegelenks. Sie tritt mit drei Ästen (Ramus musculi articularis, Ramus patellaris, Ramus articularis) von kaudo-dorsal an die mediale Seite des Kniegelenks heran. Der Ramus articularis tritt in Höhe der distalen Hälfte des geraden Kniescheibenbandes von medial an den Fettkörper des Kniegelenks heran und senkt sich in diesen kranial vor dem medialen Seitenband ein. Der Stamm des Ramus articularis teilt sich vor der Eminentia intercondylica tibiae in ein Verbindungsgefäß zur A. recurrens tibialis anterior und in Endausläufer, die vor dem lateralen Meniskus liegen. Vorher entläßt er einen Zweig zum Ursprung des Lig. decussatum mediale. Am Ursprung des medialen Kreuzbandes tritt er in dieses ein, ein Verbindungsweig zur A. genus media versorgt das Kniegelenk von kaudal.

In Übereinstimmung mit dem Verhalten beim Menschen ist die Blutversorgung des medialen Kreuzbandes offenbar besser (PAATSAMA 1952).

II. Ätiologie und Pathogenese der Kreuzbandruptur

Kreuzbandrupturen können infolge *traumatischer* Einwirkung (JAROSCH 1940, SCHROEDER u. SCHNELLE 1941, WESTHUES 1961, LAMPADIUS 1964, LOEFFLER 1964, DIETZ u. SCHMIDT 1968) oder auf dem Boden *degenerativer* Veränderungen (PAATSAMA 1952, BRASS 1955, LEONARD 1961, SCHEBITZ 1961, VAUGHAN 1964, ZAHM 1964, GEYER 1966) zustandekommen (Tab. 1). Inwieweit hier eine überzeugende Abgrenzung überhaupt möglich ist, muß offen gelassen werden. Eine Ruptur setzt immer ein Mißverhältnis von Belastbarkeit und Belastung des Bandes voraus.

Die besondere Stellung des Kniegelenks im gesamten Bewegungsablauf sowie die Belastung in Beugstellung mit den starken Hebelkräften der beiden längsten Knochen des Körpers bedingen per se eine direkte und indirekte traumatische Gefährdung des Kniegelenks. Während das Gelenk beim Menschen normalerweise in einer Streckstellung von 180° belastet und der Muskel- und Bandapparat somit wenig beansprucht wird, wird bei dem kleineren Gelenkwinkel des Kniegelenks des Hundes dieses labile Gleichgewicht nie erreicht, das Gelenk muß permanent durch Muskel- und Bandzug fixiert werden (LOEFFLER 1964). Elektrogoniometrische Analysen des Ganges bei verschiedenen Hunderassen (ADRIAN et al. 1966) ergaben im Stand einen durchschnittlichen Kniegelenkwinkel von 140° mit rasse- und stellungsbedingten Abweichungen von bis zu 15°. Die Bewegungsamplitude betrug durchschnittlich 30° im Schritt, 60° im Trab. Im Zustand des Vorführens und Aufnehmens des Körpergewichts entstehen zwischen Femur und Tibia gegeneinander gerichtete Schubkräfte, die durch den Bandapparat, besonders die Kreuzbänder, aufgehoben und ausgeglichen werden müssen. Jede unphysiologische Belastung, wie sie im Falle einer Überbeugung, Überstreckung oder einer Rotation auftritt, muß zur Schädigung dieses Bandsystems führen (DIETZ u. SCHMIDT 1968).

Tab. 1. Kreuzbandruptur – Ätiologie

Autor	Zahl der Fälle	Traumatisch
Paatsama (1952)	242	12%
Lampadius (1964)	30	80%
Loeffler (1964)	61	96,7%
Geyer (1966)	150	23%
Küpper (1971)	349	17,5%

In jedem Falle limitieren sog. *prädisponierende Faktoren* Qualität und Quantität des für die Ruptur erforderlichen Traumas. Als solche sind zu nennen: steile Hintergliedmaßenstellung (SCHROEDER u. SCHNELLE 1941, PAATSAMA

1952), Alter, Fettleibigkeit (DUELAND 1966), plötzliche körperliche Beanspruchung untrainierter, schwerer Tiere (SINGLETON 1961). Rassebedingte Einflüsse, zweifellos von großer Bedeutung, lassen sich nur unter Hinweis auf das Fehlen amtlicher Angaben über die zahlenmäßige Verteilung der Hunderassen beurteilen. So scheinen bestimmte Rassen, insbesondere Boxer und Chow-Chow (LOEFFLER 1962, LAMPADIUS 1964, GEYER 1966, YÜCEL 1971, KÜPPER 1971), besonders belastet. Nach KÜPPER (1971) sind für die Ruptur der Kreuzbänder bei schweren Hunderassen mehr Überbeanspruchung also mechanische Faktoren, bei den leichteren Hunderassen altersbedingte Veränderungen am Gelenkapparat von Bedeutung.

Auffallend ist, daß überwiegend das laterale Kreuzband betroffen wird*), wobei seine schwächere Struktur und seine schlechtere Durchblutung sowie seine stärkere funktionelle Beanspruchung, insbesondere bei Hyperextension (PAATSAMA 1952), von ausschlaggebender Bedeutung sein dürften. Isolierte Rupturen des medialen Kreuzbandes gehören zu den Seltenheiten (Tab. 2). Offenbar kommt der hierfür spezifische Verletzungsmechanismus (Stoß auf den Oberschenkel von kaudal oder auf den Unterschenkel von kranial bei gebeugtem Knie) beim Hund selten vor (LOEFFLER 1964). Die gleichzeitige Ruptur beider Kreuzbänder ist demnach ebenfalls selten (Tab. 3).

Tab. 2. Isolierte Ruptur des medialen Kreuzbandes

Autor	Zahl der Fälle	Isolierte mediale Kreuzbandruptur
Loeffler (1964)	61	1
Geyer (1966)	150	1
Küpper (1971)	351	5
Yücel (1971)	136	5

Tab. 3. Ruptur des lateralen und medialen Kreuzbandes

Autor	Zahl der Fälle	Ruptur beider Kreuzbänder
Paatsama (1952)	169	9
Lampadius (1964)	30	20
Childers (1966)	7	1
Geyer (1966)	150	3
Zahm (1966)	72	6
Küpper (1971)	351	45
Yücel (1971)	136	6

*) Die Begriffe Kreuzbandruptur bzw. -ersatz sind in der Regel auf das laterale Kreuzband bezogen.

Auf die Wechselbeziehungen zwischen Kreuzbandruptur und Arthrose haben insbesondere SCHEBITZ (1961) und ZAHM (1964) hingewiesen: Kreuzbandläsionen führen durch Instabilität des Gelenks zu Veränderungen im Sinne einer Arthrosis deformans, sie können andererseits aber auch als Folge dieser Erkrankung ohne nennenswerte Belastung auftreten. Die Koinzidenz von Bandruptur und Arthrose wird verständlich, wenn man annimmt, daß Degenerationserscheinungen als Folge endogener Noxen nicht ein Gelenkgewebe allein betreffen. Soweit eine Arthrose durch Überbeanspruchung des Gelenks gefördert wird, muß sich diese auch auf die zusätzliche Beanspruchung und Abnutzung des Bandapparates, insbesondere der Ligg. decussata, auswirken.

Die Bedeutung einer degenerativen Vorschädigung, die Prävalenz endogener Faktoren in der Pathogenese der Kreuzbandruptur, wird durch den Nachweis makroskopischer und mikroskopischer Altersveränderungen (ZAHM 1964) unterstrichen, wobei häufig der Begriff des biologischen Alters zutreffen dürfte. Hierfür scheint auch die Beobachtung zu sprechen, daß die Rupturstelle meistens in der Mitte des Bandes, am Drehpunkt der zwei funktionell getrennten Anteile (PAATSAMA 1952, LEONARD 1961), lokalisiert ist.

Tab.4. Beidseitige Kreuzbandruptur

Autor	Zahl der Fälle	Ruptur bds. insgesamt	Ruptur bds. gleichzeitig
Lampadius (1964)	30	5	
Vaughan (1964)	30	6	
Childers (1966)	7	1	
Geyer (1966)	124	26	8
Singleton (1969)	98	18	*)
de Angelis u. Lau (1970)	50	15	
Yücel (1971)	127	13	3

*) Ruptur am 2. Knie erfolgte durchschnittlich nach 11,3 Monaten

Das Auftreten beidseitiger Rupturen (Tab.4) wird in diesem Sinne allerdings mit zunehmendem Zeitintervall weniger verwertbar (SINGLETON 1969), da damit eine kompensatorische Mehrbelastung an Bedeutung gewinnt. Eine hinsichtlich traumatischer Einflüsse oder Ereignisse stumme Anamnese ist nur bei lückenloser und speziell auf diese Fragestellung gerichteter Beobachtung, d. h. etwa im Rahmen prospektiver Untersuchungen, verwertbar.

III. Diagnose der Kreuzbandruptur

1926 gab CARLIN seine eingehende Beschreibung des für die Kreuzbandruptur typischen klinischen Symptoms: abnorme Beweglichkeit von Femur und Tibia in kranio-kaudaler Richtung mit geringer Seitwärtsverschiebbarkeit der Gelenkenden. Diese »Verschiebbarkeit nach vorwärts und rückwärts« sei bei einem Riß des Lig. cruciatum anterius*) in Streckstellung, bei einem Riß des Lig. cruciatum posterius*) dagegen in Beugestellung auszulösen. – BROOK konnte 1932 röntgenologisch eine leichte »Kranialverschiebung der Crista tibiae« sowie eine abnorme Rotation im Kniegelenk feststellen.

Die in der Humanmedizin für diese abnorme Beweglichkeit gebräuchliche Bezeichnung des »vorderen und hinteren Schubladenphänomens« wurde dann von PAATSAMA (1952) und BRASS (1955) übernommen. Aufgrund dieses deutlich abgrenzbaren Symptomenbildes bestehen in der Regel keine diagnostischen Schwierigkeiten. Vorhandensein und Ausmaß der abnormen Beweglichkeit ist am besten am narkotisierten Tier zu beurteilen, da der häufig bestehende Muskelspasmus durch Kompression des M. quadriceps (PAATSAMA 1952) nicht immer behoben werden kann. Der Untersuchungsgang braucht unter Hinweis auf die Arbeiten von SINGLETON (1961), LOEFFLER (1964), KELLER (1965) und GEYER (1966) hier im einzelnen nicht beschrieben zu werden.

Die Röntgenuntersuchung erfaßt die Bandläsion als solche nicht. Der Nachweis der Schubladenstellung ist lagerungsabhängig und nur bei positivem Befund verwertbar. Die Röntgenkontrastdarstellung ist der palpatorischen Befunderhebung nicht überlegen (SCHREYER 1937, SINGLETON 1961, LOEFFLER 1964).

Für differentialdiagnostische Erwägungen (s. hierzu SINGLETON, GEYER) kann eine Röntgenuntersuchung ebenso nötig werden wie zur Erfassung von arthrotischen Veränderungen und ihrer Stadien im Hinblick auf Prognose und Entscheidung für eine geeignete Behandlungsmethode. So stellen z. B. PAATSAMA (1963) und KELLER (1965) den Wert einer operativen Therapie bei bereits vorhandenen Gonarthrosen, insbesondere bei zusätzlichen Hüftgelenksleiden, in Frage, während in neueren Veröffentlichungen immer wieder betont wird, daß osteoarthrotische Veränderungen auf den Operationserfolg keinen Einfluß nehmen, sofern eine Stabilität des Gelenks gewährleistet wird (DIETZ u. SCHMIDT 1968, DE ANGELIS u. LAU 1970, ROUSH, HOHN u. DE ANGELIS 1970, KÜPPER 1971, POND u. CAMPBELL 1972).

*) In der Humanmedizin und im englischsprachigen Schrifttum gebräuchliche Nomenklatur

IV. Therapie der Kreuzbandruptur

Ziel jeder Therapiemaßnahme ist die Behebung der durch die Kreuzbandruptur entstandenen Instabilität des Kniegelenks und damit der durch Zug an der sensibel versorgten Gelenkkapsel verursachten Schmerzhaftigkeit, die sich in der Regel in einer mittel- bis hochgradigen, gemischten Lahmheit äußert. Darüber hinaus verursacht das abnorme Vorwärtsgleiten der Tibia während der Bewegung Mikrotraumen am Gelenkknorpel, insbesondere an den am stärksten belasteten Gelenkflächen, die zur Entstehung arthrotischer Veränderungen führen.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß das laterale Kreuzband nur dann zur Spontanheilung befähigt ist, wenn die Hälfte des Bandes (O'DONOGHUE et al. 1966) oder weniger (PAATSAMA 1952) durchtrennt ist.

Das mediale Kreuzband dagegen scheint nach Untersuchungen von LOEFFLER (1964) bei Durchtrennung eher wieder Anschluß zu finden: der Grund für diese bessere Heilungstendenz dürfte weniger die Blutversorgung als vielmehr die anatomische Lage und die geringere funktionelle Beanspruchung sein.

Erschwerend für eine Spontanheilung des Kreuzbandes ist der intra-artikuläre Verlauf. Da bei einer totalen Ruptur immer, bei einer partiellen Ruptur meist der gefäßführende synoviale Überzug mit einreißt, kommt es zu einer Blutung; eine Heilung über Organisation eines Hämatoms wird jedoch durch die mechanische und fibrinolytische Einwirkung der Synovia verhindert. Durch die Besonderheiten des hämostatischen Gleichgewichts (ASTRUP 1958) im Gelenkbereich (s. S. 73 ff.) wird die Resorption der Bandstümpfe eher gefördert.

In jedem Fall ist aber für eine Spontanheilung die Immobilisation der Gliedmaße Voraussetzung. Deshalb sollte eigentlich jede Kreuzbandläsion einer aktiven Therapie zugeführt werden.

Die Möglichkeiten der Behandlung von Kreuzbandverletzungen sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

Die *konservative Therapie* (Tab. 5) wird von den meisten Autoren wegen Erfolglosigkeit abgelehnt. Ihr Indikationsbereich ist auf partielle Kreuzbandrupturen beschränkt und stellt somit ein diagnostisches Problem dar. Da das Ausmaß der Ruptur in keine sichere Beziehung zum Lahmheitsgrad gebracht werden kann, ein partieller Riß lediglich durch ein geringeres Schubladenphänomen gekennzeichnet ist (SINGLETON 1969), setzt seine Erkennung eine verfeinerte Untersuchungstechnik und große Erfahrung voraus. Ausschlaggebend dürfte die Ruhigstellung der Gliedmaße sein. Erstaunlich hohe Erfolgsquoten verzeichnen POND u. CAMPBELL (1972), insbesondere bei kleineren Hunderassen (90%).

Tab. 5. I. Konservative Therapie

Tab. 5. I. Konservative Therapie

Autor	Therapiemaßnahmen	Zahl der beurteilten (kontrollierten) Fälle/Ergebnis	
		2 F (P)	kein Erfolg
Carlin (1926)	Ruhe; Einreibung mit Salben; Immobilisation der Hintergliedmaßen mit Binden und Gipsverbänden		
Jarosch (1940)	Käfigruhe; Dextrinverbände		Erfolg
Schroeder, Schnelle (1941)	Schienenverbände in halber Beugestellung 3-6 Wochen		Erfolg
Geyer (1966)	3 Wochen hyperämisierende Verbände, danach 10 Tage lang Antiphlogistika	27 F (P)	29,5% Erfolg
Pond, Campbell (1972)	4-8 Wochen Ruhe; evtl. Phenylbutazon	50 F (P)	große Hunde: 78% Erfolg kleine Hunde: 97% Erfolg

Tab.6. II. Operative Therapie. A. Ohne Ersatz

Methode	Author	Operationstechnik/Immobilisation	Zahl der beurteilten Fälle/Ergebnis
Operative Stillstellung des Kniegelenks (Arthrorrhisis articuli genu)	Weick (1967)	Perkutane Verschraubung und extrakutane und transartikuläre Schienung mittels Technovit® in Beugestellung von 140° 43–83 Tage lang	(1) 15 F (V) 100% Erfolg (2) 10 F (P) 90% Erfolg
		(1) Experimentell: mit Eröffnen des Kniegelenks zur Bandresektion (2) ohne Eröffnen des Kniegelenks	
Kapselraffung (mit und ohne Eröffnen des Kniegelenks)	Childers (1966)	Raffung der Fascia genu durch 1–2 Reihen Lambert-Nähte – s. Abb. 6 a – 1 Woche Thomasschiene	(1) 3 F (V) 100% Erfolg (2) 7 F (P) 86% Erfolg
		(1) Experimentell: Eröffnen des Kniegelenks zur Durchtrennung des lateralen Kreuzbandes	
»Cleaning-up«	de Angelis, Lau (1970)	Eröffnen des Kniegelenks. Stabilisation mit 1–2 Matratzennähten vom lateralen Vesalischen Sesambein zum Lig. rectum patellae – s. Abb. 6 b – 10 Tage Plastikschiene	47 F (P) 85,7% Erfolg
	McCurnin, Pearson, Wass (1971)	Kapselraffung medial mit 1 und lateral mit 2 Reihen Lambert-Nähten; keine Immobilisation. Experimentell: Eröffnen des Kniegelenks und Resektion von 5 mm Bandgewebe aus der Mitte des lateralen Kreuzbandes	26 F (V) 73% Erfolg
»Cleaning-up«	Nilsson (1943)	Resektion der Bandstümpfe sowie des Cranialhorns des medialen, gegebenenfalls des medialen und lateralen Meniskus	Erfolg
	Paatsama (1952)		127 F (P) große Hunde 50% Erfolg, kleine Hunde 80% Erfolg
Naht der Bandstümpfe	Geyer (1966)	10 Tage Stützverband	90 F (P) 84,5% Erfolg
	Westhues (1956) zit. n. Zähn (1966)		kein Erfolg
Naht der Bandstümpfe	O'Donoghue et al. (1966)	Experimentell: tibiales Ende des lateralen Kreuzbandes vom Knochen gelöst, 1 Seidenfaden mit 8er-Naht im Bandstumpf verankert, freie Fadenenden durch dünne Bohrkäule im medialen Tibiakondylus geführt und medial an der Tibia verknötet – s. Abb. 6 c – Gipsverband	Erfolg

Die »Cleaning-up«-Methode (NILSSON 1943) war das erste *operative Verfahren* zur Behandlung der Kreuzbandruptur (Tab. 6). Sein Prinzip beruht auf einer indirekten Stabilisierung des Gelenks durch bindegewebige Zubildung in Form eines hohen Granulationswalls, der nach Exzision der Bandstümpfe und des Kranialhorns des medialen oder des medialen und lateralen Meniskus im Bereich der vorderen Tibiaabschnitte entsteht.

Eine Rekonstruktion des Kreuzbandes durch *Naht* (BATTLE 1900, MAYO-ROBSON 1903, GOETJES 1913) hat sich im klinischen Falle als undurchführbar erwiesen (WESTHUES zit. nach ZAHM 1966), da die Bandstümpfe relativ schnell resorbiert werden, so daß eine Vereinigung unmöglich wird.

O'DONOGHUE et al. (1966) konnten nach Ablösung des lateralen Kreuzbandes von seiner tibialen Verankerung und anschließender Befestigung mit einer 8er-Naht gute Erfolge erzielen. Diese experimentellen Studien wurden im Hinblick auf Therapiemöglichkeiten beim Menschen durchgeführt, wo die Kreuzbandruptur – meist rein traumatischen Genese – häufig an der Band-Knochen-Verankerung, insbesondere von der Tibia, erfolgt. Diese Lokalisation der Ruptur ist beim Hund jedoch relativ selten. Interessant ist, wie diese Untersuchungen zeigten, daß derart rekonstruierte Kreuzbänder eine bessere Stabilität des Femorotibialgelenks gewährleisten als Ersatzbänder mit Faszie (Tab. 6, Abb. 6c).

Seit der Einführung der Faszientransplantation in die Tiermedizin durch PAATSAMA (1952) wurde von den Möglichkeiten des *plastischen Bandersatzes* zunehmend Gebrauch gemacht. Die aufgeführten plastischen Operationsverfahren dienen ausnahmslos dem Ersatz des lateralen Kreuzbandes. Die Seltenheit der medialen Kreuzbandruptur sowie ihre bessere Aussicht auf Spontanheilung dürften der Grund dafür sein, daß man mit Ausnahme der experimentellen Studien von LOEFFLER (1964) keine Angaben über eine spezifische Therapie findet.

Hier kommen zunächst gestielte, d. h. autologe Sehnen- bzw. Faszientransplantate in Betracht (Tab. 7, Abb. 6d–g).

Wird eine Sehne mit Muskeleinheit so inseriert bzw. verlagert, daß bei Muskelkontraktion zusätzliche Stabilität erreicht wird (LINDEMANN 1950, Abb. 6l), spricht man mit J. BÖHLER von dynamischer Plastik im Gegensatz zu den gestielten Autoplastiken (HEY GROVES 1917, 1919, PAATSAMA 1952), die nur als statische Plastiken (MITTELBACH u. GELBKE 1971) anzusehen wären.

Um die Nachteile der Entnahme autologen Transplantationsmaterials – größerer Eingriff, Depoterschöpfung, Muskelhernie – zu vermeiden, kann man im Falle einer *freien* Transplantation auch konserviertes homologes bzw. heterologes Bindegewebe (Tab. 7a) sowie Kunststoffe (Tab. 8) verwenden.

Der Vorteil des Bandersatzes liegt in der sofortigen weitestgehenden Wiederherstellung der anatomischen Situation. Die derart erzielte Stabilität wirkt

sich – naturgemäß am ehesten bei einer Sofort- oder Frühoperation – retardierend auf das Fortschreiten der arthrotischen Veränderungen aus.

Die trotz Ruptur des Ersatzbandes häufig beobachteten klinischen Erfolge sind in Anbetracht der vermutlich großen Dunkelziffer bemerkenswert. LEIGHTON (1961) stellte deshalb zur Diskussion, »ob die Besserung dem Ersatz des Bandes zuzuschreiben ist, oder durch die Verdickung der Gelenkkapsel, die Ruhigstellung und die entzündliche Reaktion auf den chirurgischen Eingriff bedingt ist?«

CHILDERS berichtete 1967 als erster über Erfolge allein durch *Kapselraffung* mit Lembert-Nähten. DE ANGELIS u. LAU (1970) bestätigten mit einer Erfolgsquote von 85,7% eine zufriedenstellende funktionelle Heilung mit dieser Therapie (Tab. 6, Abb. 6a, 6b).

MCCURNIN, PEARSON u. WASS (1971) verglichen experimentell bei 26 Hunden (je an einem Knie Kreuzbandersatz, an einem Knie Kapselraffung) die klinischen, makroskopischen und mikroskopischen Befunde nach Kreuzbandersatz durch Faszientransplantat und allein nach Kapselraffung mit Lembert-Nähten und kamen zu dem Ergebnis, daß beide Methoden klinisch gleichwertig, die mikroskopischen Befunde bei der Kapselraffung sogar besser sind, vermutlich weil hier keine Traumatisierung des Knochens (Knochenbohrung) erfolgte.

Da eine ad hoc vorgenommene (gezielte) Kapselraffung stabilisierend wirkt, dürfte auch die nach jeder Arthrotomie durch Narbenschumpfung eintretende »Kapselraffung« von Bedeutung sein.

Die aus den Tabellen ersichtlichen Ergebnisse lassen sich aufgrund unterschiedlicher Beurteilungskriterien untereinander nur mit Vorbehalt vergleichen. Die Erfolgsquoten berücksichtigen nur die als »geheilt« beurteilten Fälle, d. h. ohne Lahmheit, in Beziehung zur Zahl der kontrollierten Fälle. Sie können nur als Anhaltspunkt dienen. Klinische und experimentelle Ergebnisse sind getrennt aufgeführt (P = Patient, V = Versuchshund), da sie infolge unterschiedlicher Bedingungen nicht vergleichbar sind.

Tab. 7. II. Operative Therapie. B. Mit Ersatz (1a Autoplastik, gestielt).

Methode/Material	Autur	Operationstechnik/Immobilisation	Zahl der beurteilten Fälle/Ergebnis
Faszie (Streifen aus der Fascia lata)	Paatsama (1952)	Faszienstreifen bis in Höhe des lateralen Tibiakondylus mobilisiert und durch Bohrkanal in Femur – vom proximalen Ansatz des Lig. collaterale laterale zur Mediafläche des lateralen Femurkondylus – und Tibia – von der Ansatzstelle des lateralen Kreuzbandes zur Medialseite der Tuberositas tibiae – gezogen und freies Ende am Ansatz des Ligamentum rectum patellae festgenäht – s. Abb. 6 d. 14 Tage Thomasschiene	10 F (5 V u. 5 P) 90% Erfolg
	Paatsama (1963)	zusätzlich: V-förmiges Faszienstütztransplantat von der Tuberositas tibiae zur Mitte beider Femurkondylen	»bestehende« Erfolge
	Brass (1955)	s. Paatsama (1952), Modifikation: Faszienstreifen nur bis zum lateralen Femurkondylus mobilisiert. 14 Tage Thomasschiene	8 F (P) 50% geheilt 37,5% gebessert
	Leonard (1961)	s. Paatsama (1952 u. 1963), keine Immobilisation	Erfolg
	Singleton (1957–1963)	s. Paatsama (1952) Modifikation: freies Ende des Faszienstreifens mit 2 Schrauben an der Tibia fixiert. 2 Wochen Stützverband	15 F (P) 80,6% Erfolg, jedoch keine bestehenden Erfolge
	Vaughan (1963)	Experimentell: s. Paatsama (1952), Modifikation s. Brass (1955)	3 F (V) 100% klin. Erfolg, in 1 F Ruptur d. Ersatzbd.
	Loeffler (1964)	s. Paatsama (1952) Modifikation s. Brass (1955) (1) Experimentell: Resektion des lateralen Kreuzbandes 10 Tage Thomasschiene	(1) 14 F (V) Erfolg (2) 36 F (P) 69,4% Erfolg
	O'Donoghue et al. (1966)	Experimentell: Resektion des lateralen Kreuzbandes. Faszienstreifen weit nach distal mobilisiert, zuerst durch Bohrkanal im lateralen Tibiakondylus, dann durch Bohrkanal im lateralen Femurkondylus gezogen, freies Ende mit dem Lig. collaterale laterale vernäht. Gipsverband	16 F (V) Erfolg
	Dietz, Schmidt (1968)	s. Paatsama (1952), keine Immobilisation	5 F (P) 100% Erfolg
	McCurnin, Pearson, Wass (1971)	Experimentell: Resektion von 5 mm Bandgewebe aus der Mitte des lateralen Kreuzbandes. s. Paatsama (1952), keine Immobilisation	26 F (V) 73% klin. Erfolg in 10 F partielle oder totale Ruptur des Faszienstreifens, jedoch nur 4 dieser Fälle lahm
	Yücel (1971)	s. Paatsama (1952), Modifikation: proximales Bohrloch im Femur oberhalb des Seitenbandansatzes, Faszie nur bis zum lateralen Femurkondylus mobilisiert, keine Immobilisation, s. Abb. 6 e	101 F (P) 79,2% Erfolg

Tab. 7. (Fortsetzung)

Methode/Material	Autor	Operationstechnik/Immobilisation	Zahl der beurteilten Fälle/Ergebnis
Sehne des M. semitendineus	Paatsama (1952)	Sehne in Verbindung mit dem Muskelbauch mobilisiert, durch Bohrkanaal im medialen Femurkondylus und medialen Tibiakondylus gezogen und am Ligamentum rectum patellae festgenäht. 14 Tage Thomasschiene	2 F (V) 50% Erfolg
des M. gracilis	Paatsama (1952)		2 F (V) Erfolg
des Musc. fibularis longus	Rathor (1959) zit. n. Loeffler (1964)	Experimentell: Resektion des lateralen Kreuzbandes. Sehne bleibt in Verbindung mit dem Muskelbauch; zuerst durch den Bohrkanaal in der Tibia, dann durch den Femur gezogen und am Lig. collaterale laterale vernäht	15 F (V) Erfolg
des M. flexor dig. ped. longus	Strande (1964)	Sehne in Verbindung mit dem Muskelbauch mobilisiert; zuerst durch den Bohrkanaal in der Tibia, dann durch den Femur gezogen und am Ligamentum collaterale laterale vernäht. 14 Tage Thomasschiene	(1) 3 F (V) (2) 3 F (P) 1 F (V) Rupt. d. Trans- plantats 66,6% Erfolg
Streifen aus dem zentralen Drittel der Quadriceps- sehne, Patella u. des Lig. rectum patellae	Strande (1966) Dueland (1966)	Streifen durch den Bohrkanaal im lateralen Femurkondylus (nur 1 Bohrkanaal!) gezogen, so daß der Patella-Keil im Bohrkanaal liegt; freies Ende am Ligamentum collaterale laterale festgenäht. 14 Tage Thomasschiene, s. Abb. 6 f s. Strande (1966), Modifikation: freies Transplantatende an der Faszie festgenäht. 4 Wochen Thomasschiene	(1) 9 F (V) (2) 4 F (P) 2 F (V) Rupt. d. Trans- plantats, 44,4% Erfolg
des M. extensor dig. ped. longus »L. D. E.«	Hohn, Miller (1967)	Verlagerung der Ursprungssehne des Musc. extensor dig. ped. longus in eine in die Tuberositas tibiae gesägte Rinne; Fixation der Sehne mit 2-3 Drahtnähten. Eröffnen des Kniegelenks nur bei besonderer Indikation, s. Abb. 6 g. 2-3 Wochen Gipsverband oder Kunststoffschiene	6 F (P) 100% Erfolg
	Roush, Hohn, de Angelis (1970)	s. Hohn, Miller (1967). Modifikation: zusätzlich Kapselraffung (lat.) mit 2-3 Matratzennähten. 2 Wochen Plastikschiene	100 F (P) 89% Erfolg

Tab. 7a. II. Operative Therapie. B. Mit Ersatz (1b Autoplastik, frei, 2. Homoioplastik, 3. Heteroplastik).

Material/Methode	Autor	Operationstechnik/Immobilisation	Zahl der beurteilten Fälle/Ergebnis
Haut (Vollhaut) (-Streifen, am Wundrand entnommen)	Gibbens (1957)	Hautstreifen durch Bohrkanal in Femur und Tibia gezogen, freie Enden am Ligamentum collaterale laterale und am Ligamentum rectum patellae festgenäht. 14 Tage Thomasschiene	1 F (P) Erfolg
	Chastain (1959) zit. n. Leighton (1961) u. Geyer (1966)	Hautstreifen durch Bohrkanal im medialen Femur- und medialen Tibiakondylus gezogen, freie Enden über dem Ligamentum collaterale med. mit sich selbst vernäht → gleichzeitig Ersatz des Ligamentum collaterale mediale	Erfolg
	Leighton (1961)	s. Gibbens (1957), Thomasschiene	77 F (P) 83,1% Erfolg
	Foster, Imhof, Gordell (1963)	Anlegen der Bohrkanaäle durch lateralen Femur- und medialen Tibiakondylus ohne Eröffnen des Kniegelenks. Zusätzlich Querbohrung durch die Crista tibia. Freie Transplantatenden mit sich selbst, mit Faszie und Subcutis vernäht. 6 Hd.; ohne Immobilisation, 6 Hd.; 7 Tage Thomasschiene	12 F (P) 100% Erfolg
	Vaughan (1963)	Experimentell: Laterales Kreuzband in der Mitte durchtrennt. Im übrigen s. Gibbens (1957); Modifikation: proximales Streifenende mit der Gelenkkapsel des Femoropatellargelenks, Faszie u. Subcutis vernäht. Keine Immobilisation.	3 F (V) 100% Erfolg
	Vaughan (1964) s. o.	3–4 Wochen Gipsverband	30 F (P) in 1 F Rupt. d. Transplantats 96,6% Erfolg
Hautstreifen mit Kunststoffaden verstärkt	Pond, Campbell (1972)	keine Immobilisation	Erfolg
Schwanzsehnen	Lampadius (1964)	2. Homoioplastik s. Westhues (1961) Modifikation: Verknöten der Sehnenenden an der Knochenbrücke der Tibia. Stützverband	5 F (V) in 2 F (V) part. Rupt. d. Ersatzbd. Erfolg 93,8% Erfolg 16 F (P)
Lyophilisierte menschl. Dura		3. Heteroplastik siehe eigene Untersuchungen	

Tab. 8. II. Operative Therapie. B. Mit Ersatz (4. Alloplastik).

Tab. 8. II. Operative Therapie. B. Mit Ersatz. 4. Alloplastik

Methoden/Material	Autoren	Operationstechnik/Immobilisation	Zahl der beurteilten Fälle/Ergebnis
Nylon (doppelt geflochtener Faden)	Johnson (1960)	Faden durch Bohrkanal in Femur und Tibia gezogen, Fadenenden an 2 Knochenschrauben befestigt, s. Abb. 6 h. 2-3 Wochen Thomasschiene	20 F (P) 95% Erfolg
Supramid (Fäden 4-16fach)	Westhues (1956/1961) Westhues (1969)	Fäden durch je 2 divergierende Bohrkanaäle im lateralen Femur- und medialen Tibiakondylus in 8er Touren gezogen. Fadenenden über der Knochenbrücke des Femur verknötet, s. Abb. 6 i; keine Immobilisation. Je 1 Bohrkanal durch Femur- und Tibiakondylus. Je 1 Querbohrung proximal der Trochlea patellaris und durch die Crista tibiae. Faden-schlinge über der Crista tibiae, Knoten über dem Querkanal des Femur. s. Abb. 6 k; keine Immobilisation	siehe Zahm (1966)
Nylon (geflochten)	Vaughan (1963)	Experimentell: laterales Kreuzband in der Mitte durchtrennt. Je 1 Bohrkanal durch Femur- und Tibiakondylus und 1 Querbohrung durch die Crista tibiae. Proximales Fadenende mit der Gelenkkapsel des Femoropatellargelenks und mit Faszie vernäht; distales Fadenende über Crista Tibiae verknötet. Keine Immobilisation	3 F (V) 100% klin. Erfolg in 1 F totale Ruptur in 1 F partielle Ruptur des Implantats
Nylon (1-3 Fäden)	Omrod (1963)	Bohrung s. Vaughan (1963). Fixation der Fadenenden mit Stahlknöpfen (»Omrod-buttons«), keine Immobilisation	5 F (P) 80% Erfolg
Perlon oder Terylen (Fäden 4fach) Terylen oder Vetafil	Singleton (1963) Singleton (1969)	s. Westhues (1961). Modifikation: Fadenenden über der Knochenbrücke der Tibia verknötet. Keine Immobilisation 2 divergierende Bohrkanaäle im lateralen Femur-, 1 Bohrkanal im medialen Tibiakondylus; 2 Querbohrungen durch die Crista tibiae; Fadenenden lateral der Crista tibiae verknötet; keine Immobilisation	31 F (P) 93,5% Erfolg 104 F (P), davon 11 F mit Vetafil 7 F mit Terylen + »Omrod-button« 86 F mit Terylen allein 35,5% Erfolg 57% Erfolg 95% Erfolg
Supramid	Loeffler (1964)	Experimentell: Resektion des lateralen Kreuzbandes. s. Johnson (1960). 10 Tage Thomasschiene	11 F (V) Erfolg
Lafil	Lampadius (1964)	s. Westhues (1961). Modifikation: Verknöten der Fadenenden über der Knochenbrücke der Tibia. Stützverband	in 2 F (V) totale, in 2 F (V) partielle Ruptur 6 F (V) 13 F (P) 92,5% Erfolg
Teflon	Butler (1964)	Je 1 Bohrkanal im lateralen Femur- und medialen Tibiakondylus, 1 Querbohrung durch die Crista tibiae. Teflonfaden proximal mit der Ursprungssehne des M. ext. dig. ped. long., dist. als Schlinge über die Crista tibiae mit sich selbst vernäht. Keine Immobilisation	Erfolg 100% Erfolg 5 F (V) 5 F (P)
Supramid	Zahm (1966)	s. Westhues (1961)	80% Erfolg 40 F (P)
Dacron in Silizium-Gummischlauch eingehüllt	Gupta, Brinker (1969)	Experimentell: Resektion des lateralen Kreuzbandes. Bohrung s. Vaughan (1963). Fadenenden lateral über dem Gelenk verknötet. Keine Immobilisation	in 7 F Ruptur des Implantats. Material »nicht zufriedenstellend« 10 F (V)
Lafil, Dacronfil, Flexafil	Küpper (1971)	s. Westhues (1961). Modifikation s. Lampadius (1964). 10 Tage Stützverband	88% Erfolg 328 F (P)

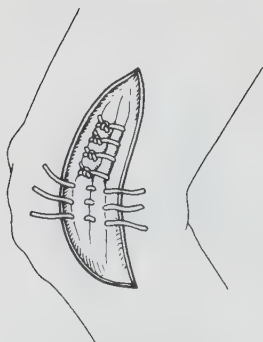


Abb. 6a. Kapselraffung
(CHILDERS 1966).

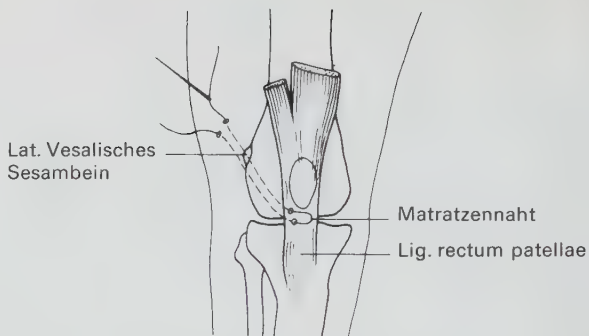


Abb. 6b. Kapselraffung
(DE ANGELIS U. LAU 1970).

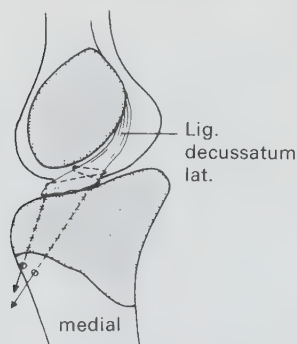


Abb. 6c. Naht des Bandes
(O'DONOGHUE et al. 1966).

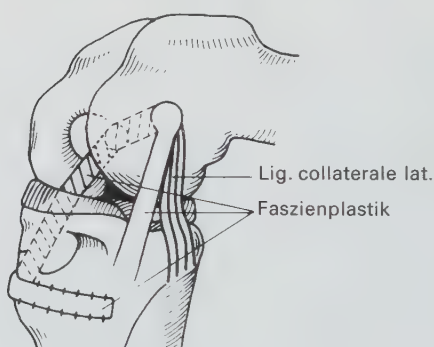


Abb. 6d. Gestielte Faszienplastik
(PAATSAMA 1952).

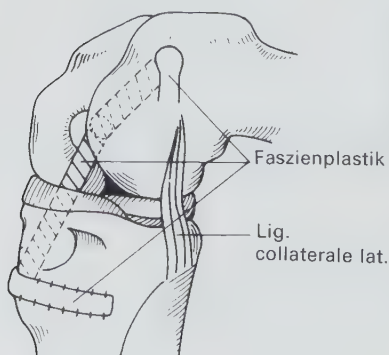


Abb. 6e. Gestielte Faszienplastik
(PAATSAMA, Modifikation YÜCEL 1971).

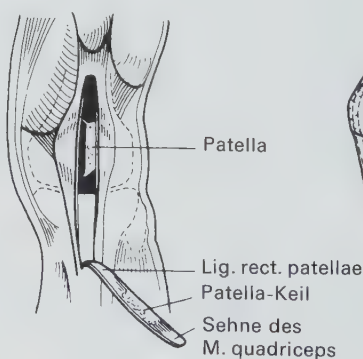


Abb. 6f. Sehnenplastik
(STRANDE 1966).

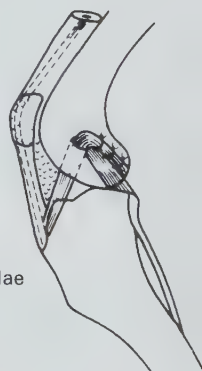


Abb. 6a-g. Prinzip verschiedener Operationstechniken (s. a. Tab. 6, 7, 7a).

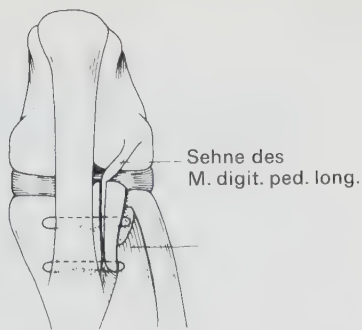
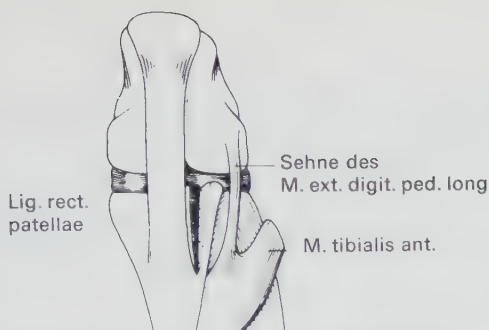


Abb. 6g. Sehnenplastik (HOHN u. MILLER 1967).

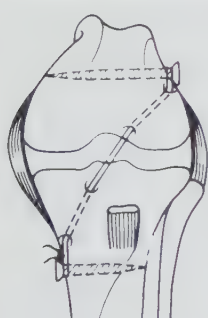


Abb. 6h. Kunststoffplastik (JOHNSON 1960, nach LOEFFLER 1964).

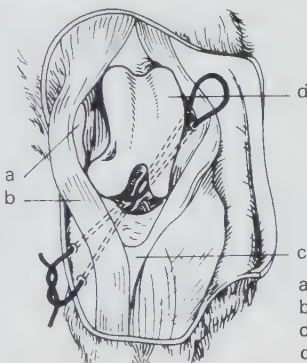
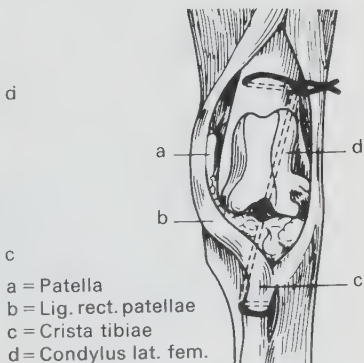
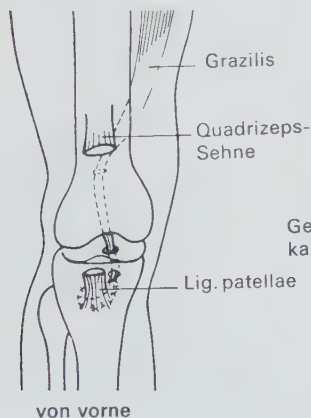


Abb. 6i. Kunststoffplastik (WESTHUES 1969).

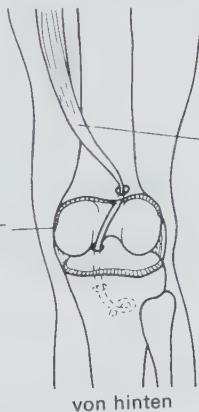


a = Patella
b = Lig. rect. patellae
c = Crista tibiae
d = Condylus lat. fem.

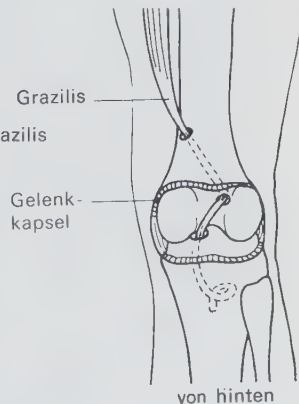
Abb. 6k. Kunststoffplastik (WESTHUES 1961).



von vorne



von hinten



von hinten

Abb. 6l. Ersatz des vorderen Kreuzbandes beim Menschen (LINDEMANN 1950).

Abb. 6h-l. Prinzip verschiedener Operationstechniken (s. a. Tab. 8).

C. Dura als natives und als konserviertes Bindegewebstransplantat

Als Ersatz für traumatisch oder degenerativ bedingte Gewebsdefekte bietet sich die Transplantation geeigneten Gewebes an. Für entsprechende Indikationen im Rahmen der Wiederherstellungschirurgie des Gelenkapparates kommen Bindegewebe – Haut, Faszie, Sehnen – und Kunststoffe in Betracht. Das zu transplantierende Gewebe kann in Verbindung mit seinem Mutterboden bleiben oder frei, aus dem Gewebsverband entnommen, übertragen werden. Man spricht in diesem Sinne von gestielten bzw. freien Transplantaten. In bezug auf das Spender-Empfänger-Verhältnis sind gestielte Transplantate notwendigerweise autologe Transplantate. Freie Transplantate können autolog, homolog und heterolog – unter Verwendung nativer oder konservierter Gewebe – sein.

Bei den hier zu besprechenden *homostatischen* (LONGMIRE et al. 1954) Bindegewebstransplantaten stehen im Gegensatz zu den *homovitalen* (Organ-) Transplantaten rein mechanische Funktionen im Vordergrund. Diese primär mechanischen Funktionen sind unabhängig von der Vitalität des Transplantates. Der klinische Erfolg basiert hier auf strukturellem Ersatz über Anheilung, bindegewebige Organisation und funktionelle Anpassung durch Umbau im Sinne einer progressiven Metaplasie des substituierenden Gewebes.

Das Transplantat dient somit als Klettergerüst bzw. *Matrix* für das substituierende Gewebe und erfüllt bis zur funktionellen Anpassung eine Platzhalterfunktion. Da hierfür eine Vitalität des Transplantats nicht, jedenfalls nicht entscheidend, erforderlich ist, kann man auf die Verwendung nativer Transplantate ohne weiteres verzichten und konserviertes Gewebe implantieren.

Die sich für den Bandersatz in erster Linie anbietenden autologen gestielten Faszientransplantate sind mit einigen prinzipiellen Nachteilen behaftet. Der höheren biologischen Wertigkeit – deren Bedeutung für den klinischen Erfolg jedoch nicht überschätzt werden soll – eines frischen autologen Faszien- oder Hauttransplantats steht der Nachteil der Entnahmeoperation, der Vergrößerung des Eingriffs, der Depotschöpfung gegenüber: besonders bei kleinen Tieren wird man nicht immer ausreichend die häufig sehr dünne, zarte Faszie (Muskelhernie!) entnehmen können.

Hinzu kommen die nachteiligen, allen bindegewebigen Formationen in verschiedenem Umfang gemeinsamen strukturbedingten Eigenschaften (s. u.).

Durch die grundlegenden Untersuchungen von JÄGER (1970) angeregt – auf die hier speziell Bezug genommen wird –, wurde lyophilisierte menschliche Dura auf ihre Eignung als Kreuzbandersatz beim Hund geprüft. Diesbezügliche Mitteilungen liegen aus der Humanmedizin nur spärlich vor (FLEMMING 1961, ARENS 1972), aus der Tiermedizin fehlen sie offenbar ganz.

Dura ist nach einem ersten Hinweis von SEWELL u. KOTH (1954) als Homotransplantat zunächst zur Deckung von Duradefekten sowie bei weiteren neurochirurgischen Indikationen eingesetzt worden. Konservierung, insbesondere Gefriertrocknung, hat zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere auch in der orthopädischen Chirurgie (FLEMMING 1961, WEBER u. KNIPPING 1966, CRASSETT 1967, JÄGER 1970), erschlossen. Bezüglich ausführlicher Literaturhinweise sei auf die Abhandlungen von JÄGER (1970), KETTLER u. SERFLING (1961, 1965), JOPPICH (1971) und SCHAARSCHMIDT (1972) verwiesen.

Die *Dura* nimmt hinsichtlich ihrer Struktur eine *Mittelstellung* zwischen ungeformtem (Corium der Haut) und geformtem (Sehne, Faszie, Bänder) Bindegewebe ein.

Im Gegensatz zur Faszie mit ihrer regelmäßigen, in einer Richtung verlaufenden Faserung zeigt die Dura einen dreidimensionalen Aufbau aus vorwiegend kollagenen Fasern (Abb. 7.).

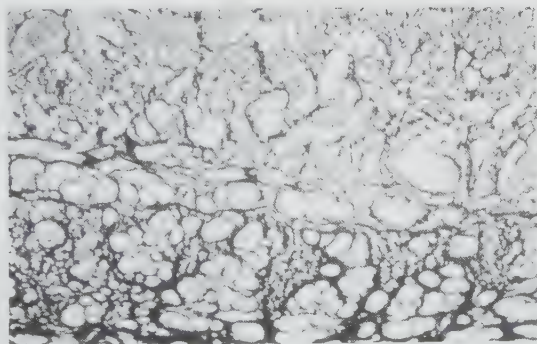


Abb. 7.
Zellfreies Kollagengerüst der
rehydrierten Lyodura vor der
Implantation.
Gomori, $\times 128$.

Das *mechanische Verhalten* dieser Gewebe wird durch den histologischen Aufbau, nämlich Anordnung, Gehalt und Dichte der kollagenen und elastischen Fasern, bestimmt. JÄGER (1970) hat Zugfestigkeit, Elastizität und Dehnbarkeit von Faszie, Dura und Haut vergleichend geprüft. Wie aus Tab. 9 ersichtlich, nimmt die Dura auch hinsichtlich Elastizität und Dehnbarkeit diese Mittelstellung zwischen Haut und Faszie ein.

Tab. 9. Mechanisches Verhalten bindegewebiger Strukturen
(summarisch nach Angaben von JÄGER 1970)

Gewebe	Parameter	Zugfestigkeit	Elastizität	Dehnbarkeit
Faszie		+++	+++	+
Dura		+	++	+
Haut		++	+	++

Gefriertrocknung reduziert Zugfestigkeit u. Elastizität, steigert Dehnbarkeit.

Lyophilisierung zur Konservierung wirkt sich auf die erwähnten Parameter insgesamt nachteilig aus. Entscheidend ist jedoch die Erhaltung der Struktur und Gewebefreundlichkeit trotz bzw. die Minderung der Antigenität (MEDAWAR 1954, STEFFEN 1967) infolge Konservierung.

Das hier in praktisch unlöslicher Form vorliegende Kollagen ist kaum bzw. nicht antigen, entzündliche Gewebsreaktionen treten vergleichsweise in den Hintergrund (HAMPERL u. LUHR 1964, TIMPL 1970), die Porengröße begünstigt die bindegewebige Durchdringung.

Die erwähnte mechanische Benachteiligung des Implantats durch das Konservierungsverfahren wird durch die günstigen Verhältnisse hinsichtlich des Ein- und Umbaus wenigstens teilweise wieder aufgewogen. Die Dicke des Implantats – etwa im Gegensatz zur Faszie – schafft im Sinne der Platzhalterfunktion quantitativ günstige Voraussetzungen für die Gewebssubstitution.

D. Eigene Untersuchungen

I. Tier- und Versuchsmaterial

1. **Versuchshunde.** Für die experimentellen Untersuchungen standen 21 Hunde zur Verfügung. Alle Tiere wurden vor Versuchsbeginn sorgfältig allgemein und speziell, insbesondere auch röntgenologisch, untersucht. Diese Untersuchungsbefunde sind ebenso wie zu einem früheren Zeitpunkt erlittene Verletzungen oder vorgenommene Operationen, die die Ergebnisse hätten beeinflussen können (siehe Anamnese – präoperativer Befund), tabellarisch dargestellt. Hierbei erwies sich die Teilung in *zwei Gruppen* (Tab. 10 große Hunde, Tab. 11 kleine Hunde) im Hinblick auf Besonderheiten des postoperativen Verlaufs – u. a. belasten große Hunde eher und stärker – als zweckmäßig.

Bei allen Versuchstieren war der *Bewegungsablauf* physiologisch. Eine Ausnahme bildeten lediglich zwei Hunde (Fall 1 und 2), bei denen als Folge einer vor 4 Jahren vorgenommenen Neurektomie im Bereich von C VII und C VIII eine geringgradige Lahmheit der linken vorderen Extremität bestand. Sie wurden zur Untersuchung histologischer Veränderungen bereits nach 2 bzw. 4 Wochen getötet und konnten so in die Versuchsserie einbezogen werden, da innerhalb dieser kurzen Beobachtungszeit eine Wiederherstellung der Funktion nicht zu erwarten war.

Die in Tab. 10 aufgeführten Schäferhunde bzw. Schäferhundbastarde entstammen klinikeigener Zucht, die zur Untersuchung der Erbfolge der Hüftdysplasie (HD) angelegt wurde. 8 der 14 großen Hunde zeigten röntgenologisch eine HD I.–III. Grades, bei 6 dieser Tiere waren Koxarthrosen unterschiedlicher Stärke nachweisbar. Klinisch war jedoch in keinem Fall Lahmheit festzustellen.

Bei Fall 8 wurde vor 7 Jahren eine suprakondyläre Femurfraktur links mit Druckosteosynthese versorgt. Die hierbei entstandene geringe Verkürzung des linken Femur beeinträchtigte den Bewegungsablauf nicht. Operation des rechten Knies.

Fall 10 war 2 Jahre zuvor am linken Knie operiert worden. Nach Resektion des lateralen Kreuzbandes wurde ein Bandersatz mit gestieltem Faszienzügel (Methode modifiziert nach PAATSAMA) vorgenommen. Die operierte Gliedmaße wurde in allen Gangarten normal belastet.

Bei den Versuchstieren der Tab. 11 handelte es sich um »ausgemendelte« Beagles mit kurzen, faßbeinigen Extremitäten. Mit Ausnahme von Fall 17 zeigten alle Beagles

Tab.10. Übersicht Versuchstiere. A. Fälle 1-14 (große Hunde).

Fall-Nr. Kennz.	Rasse Geschlecht	Alter Gewicht	Anamnese	Präoperative Befunde Allgem. Knie (rö)	Präoperative Befunde Becken (rö)	Bewegungsablauf	Op.-Knie Beob.-Zeit	K	S	H
1 10	Schäferhund Bastard m. (kastr.)	6½ J. 36 kg	vor 4 Jahren Neurektomie C VII u. C VIII li.	o. B.	o. B.	Coxarthr. nach HD bds., Femur- köpfe in Sub- luxation	links 2 Wo. (15 Tg.)	S	H	
2 16	Schäferhund Bastard m.	6½ J. 32 kg	vor 4 Jahren Neurektomie C VII u. C VIII li.	o. B.	o. B.	o. B.	links 4½ Wo. (32 Tg.)	S	H	
3 18	Schäferhund Bastard m.	6 J. 32 kg	—	o. B.	o. B.	HD III, weit fort- geschrittene Coxarthr. bds.	links 6 Wo. (42 Tg.)	K		
4 38	Schäferhund Bastard, w.	5 J. 30 kg	—	Adipos.	o. B.	HD I bds.	rechts 9 Wo. (61 Tg.)	S		
5 17	Schäferhund m.	6 J. 29,5 kg	—	o. B.	o. B.	fortgeschrittene Coxarthr. nach HD bds.	links 9 Wo. (62 Tg.)	S	H	
6 39	Schäferhund m.	5 J. 26 kg	vor 3 Jahren Ab- sprengfraktur d. Cortical. oberh. d. med. Cond. d. li. Femur	o. B.	o. B.	o. B.	links 11 Wo. (75 Tg.)	K		
7 1	Schäferhund Bastard, w.	6 J. 32 kg	—	o. B.	o. B.	weit fortgeschr. Coxarthr. nach HD bds.	links 12 Wo. (80 Tg.)	K		
8 125	Schäferhund m.	7 J. 30 kg	vor 7 Jahren suprakondyl. Femurfrakt. li., Druckosteosyn- these, li. Femur gering verkürzt	o. B.	o. B.	o. B.	rechts 12 Wo. (80 Tg.)	K		
9 8	Schäferhund Bastard m.	6 J. 30 kg	—	o. B.	o. B.	li.: HD I, re.: HD II mit Cox- arthrose im An- fangsstadium	rechts 12 Wo. (81 Tg.)	K		

Tab.10. (Fortsetzung)

10 34	Schäferhund m.	5 J. 30 kg	vor 2 Jahren nach Resekt d. lat. Kreuzbd. Ersatz m. Faszie am li. Knie	o. B.	fortgeschrittene Gonarthr. li., re. o. B.	o. B.	rechts 14 Wo (98 Tg.)	S H
11 37	Schäferhund w.	5 J. 23 kg	–	o. B.	o. B.	o. B.	links 16 Wo. (111 Tg.)	K
12 32	Schäferhund w.	5 J. 22 kg	–	o. B.	o. B.	o. B.	links 17 Wo. (119 Tg.)	K
13 50	Schäferhund Bastard, m.	2 J. 29 kg	–	o. B.	o. B.	li.: HD I re.: HD II	links 18 Wo. (126 Tg.)	K
14 12	Schäferhund Bastard, w.	6 J. 26,5 kg	–	o. B.	o. B.	HD II–III mit Coxarthrose bds.	links 48 Wo. (332 Tg.)	S H

Durchschnittswerte Fälle 1–14: **Alter:** 5½ J.; **Gewicht:** 29 kg; männlich : weiblich 9 : 5

K = Kontrolllop., S = Sektion, H = Histolog. Unters.

Tab.11. Übersicht Versuchstiere. B. Fälle 15–21 (kleine Hunde).

Tab. 11. Übersicht Versuchstiere. B. Fälle 15–21 (kleine Hunde).

Fall-Nr. Kennz.	Rasse Geschlecht	Alter Gewicht	Anamnese	Präoperative Befunde* Allgem. Knie (rö)	Präoperative Befunde Becken (rö)	Bewegungsablauf Beob.-Zeit	Op. Knie	K S H
15 686	Beagle w.	1 J. 8 kg	–	o. B.	bds. bes. flache Tibiagelenkflächen	o. B.	links 2 Wo. (15 Tg.)	S H
16 732	Beagle w.	1 J. 7,2 kg	–	o. B.	o. B.	gering- gradige HD	rechts 4 Wo. (29 Tg.)	S H
17 818	Beagle m.	1 J. 11 kg	–	o. B.	o. B.	o. B.	links 6 Wo. (43 Tg.)	K
18 582	Beagle w.	1 J. 7,5 kg	–	o. B.	o. B.	geringgr. HD bes. li.	links 9 Wo. (63 Tg.)	S H
19 636	Beagle w.	1 J. 8 kg	–	o. B.	bds. bes. flache Tibiagelenkflächen	o. B.	links 12 Wo. (84 Tg.)	K
20 830	Beagle w.	1 J. 7,5 kg	–	o. B.	o. B.	o. B.	links 14 Wo. (98 Tg.)	S H
21 784	Beagle w.	1 J. 10 kg	–	o. B.	o. B.	gering- gradige HD	links 16 Wo. (112 Tg.)	K

* Mit Ausnahme von Fall 18 bei allen Beagles: Konvexkrümmung im distalen Femur- und leichte Konkavkrümmung im proximalen Tibiabereich.
Durchschnittswerte Fälle 15–21: **Alter** 1 J.; **Gewicht** 8 kg; männlich : weiblich 1 : 6 K = Kontrolllop., S = Sektion, H = Histolog. Unters.

röntgenologisch eine Konvexkrümmung im distalen Femur und eine leichte Konkavkrümmung im proximalen Tibiabereich. Bei allen Beagles, insbesondere bei den Fällen 15 und 19, war die Eminentia intercondylica tibiae schwach ausgebildet, die Tibiagelenkfläche auffallend flach. Röntgenaufnahmen typgerechter Beagles waren nicht vorhanden. In den Fällen 16, 18 und 21 konnte eine geringgradige HD nachgewiesen werden. Es ist zu vermuten, daß die im postoperativen Verlauf aufgetretenen Komplikationen in dieser Gruppe auf genetische Charakteristika zurückzuführen sind.

Eventuelle Einflüsse präoperativer Befunde bei den Versuchstieren auf den postoperativen Verlauf und das Operationsergebnis werden in der Besprechung der Versuchsergebnisse diskutiert.

2. Versuchsmaterial. Als Bandprothese fand *lyophilisierte Dura* Anwendung. Es handelt sich hierbei um menschliche Dura, die durch Gefriertrocknung und Sterilisation mit Gammastrahlen antigen-, enzym-, pyrogen- und keimfrei gemacht wird. Derart präparierte Dura (Lyodura® Braun der Firma Braun, Melsungen) ist unbegrenzt haltbar und steht jederzeit in beliebiger Menge zur Verfügung. Sie wird in unterschiedlich großen Stücken, steril verpackt, angeboten und muß vor der Implantation ca. 10 Minuten in 0,9%iger NaCl-Lösung rehydriert werden. Dabei erhält das filzartige Material eine für die Transplantation ausreichende Flexibilität.

Mit Ausnahme der Fälle 3, 10, 11, 12 und 14 wurden Durastreifen von 12 cm Länge und 2 cm Breite, die wir im Bedarfsfall – bei den Hunden der Tab. 11 – zurechtschneiden mußten, verwendet. Der Durchmesser der Bandprothese entsprach bei den Fällen 15–21 (kleine Hunde) etwa dem des ersetzten Bandes, bei den Fällen 1–14 (große Hunde) etwa $\frac{2}{3}$ des ersetzten Bandes. Bei den oben genannten chronologisch ersten 5 Versuchstieren standen Durastreifen zur Verfügung, die aus mehreren kleinen Stücken in der Mitte längs zusammengestept waren. Dies erwies sich jedoch beim Durchziehen der Plastik durch die Bohrkanäle als nachteilig.

II. Anordnung und Durchführung der Versuche

1. Narkose. Zur Operationsvorbereitung Prämedikation in der Regel mit 0,03 ml Combelen® und 0,35 ml Polamivet® pro kg/KG i.m. Nach 10–20 Minuten Extraduralanästhesie (3,5–7,0 ml einer 1%igen Xylocainlösung je nach Scheitel-Steiß-Länge des Hundes) zur völligen Schmerzausschaltung.

2. Operationsvorbereitung und Lagerung. Die Extremität wurde von der Hüfte bis zum Sprunggelenk rasiert, die Haut mit Alkohol entfettet und mit Merfen® und Kodan-Spray® desinfiziert. Bei dem in Rückenlage fixierten Hund wurde das zu operierende Bein frei beweglich belassen und von einem Helfer gehalten.

3. Operationstechnik (unter aseptischen Bedingungen). Der Hautschnitt wurde von 1–2 cm distal und lateral der Tuberositas tibiae dorso-lateral über das Kniegelenk verlaufend bis zum unteren Drittel des Oberschenkels geführt. Nach Durchtrennen der Subkutis wurden das oberflächliche und das tiefe Blatt der Fascia genus 1 cm lateral der Patella inzidiert, der Schnitt anschließend mit einer Schere distal bis zur Tuberositas tibiae, nach proximal 3–4 cm in die Fascia lata erweitert. Vor Eröffnen des synovialen Gelenksackes wurde die Fascia genus lateral mobilisiert, um das Lig. collaterale laterale darzustellen. Seine proximale Ansatzstelle am Os femoris wurde mit einem Pfriem für die Bohrung markiert. Nach parapatellarem Eröffnen der Gelenkkapsel - dabei mußte proximal der M. quadriceps 1–2 cm eingeschnitten werden - konnte die Patella nach medial luxiert werden. Durch starke Beugung des Gelenks und Zurückhalten des Hoffaschen Fettpolsters mit einem Wundhaken gewann man einen ausreichenden Einblick in das Gelenk. Das laterale Kreuzband wurde sorgfältig mit einem Skalpell von seiner femoralen und tibialen Verankerung gelöst, die tibiale Ansatzstelle für die Bohrung angepfriemt. Zur Schonung der Weichteile wurde mit Hilfe einer Bohrhülse der Femur - von der proximalen Ansatzstelle des lateralen Kollateralbandes zur Medialfläche des lateralen Condylus femoris - und die Tibia - von der Ansatzstelle des Lig. decussatum laterale zur medialen Seite der Tuberositas tibiae - durchbohrt. Der Femur wurde nicht vom Gelenk, sondern von lateral aus durchbohrt, da es auf diese Weise möglich ist, den Bohrkanal weiter kaudal an der Medialfläche des lateralen Kondylus münden zu lassen, und so der physiologische Verlauf des lateralen Kreuzbandes besser nachvollzogen werden kann. Hierbei ist auf die Schonung des medialen Kreuzbandes und des Lig. femorale menisci lateralis besonders zu achten (Bohrerdurchmesser für große Hunde 3,6 mm, für kleine Hunde 3,2 mm). Der während der Operation in steriler physiologischer Kochsalzlösung aufgeweichte Durastreifen (12 cm lang, 2 cm breit) wurde an einem Ende konisch zugeschnitten und an einem Synthofil®-Faden fixiert. Der Streifen wurde dreifach zusammengelegt und so zu einem Strang *gedreht*, daß seine Windungen im durchgezogenen Implantat dem spiraligen Bau des normalen Bandes entsprachen, d.h. bei Vorderansicht von medial nach lateral gedreht. Mit Hilfe des Synthofilfadens und einer langen, geraden Nadel wurde die Prothese durch die Knochenkanäle gezogen und proximal mit 4 Synthofil-U-Nähten am Lig. collaterale laterale und distal mit 4 Synthofilknopfnähten am Lig. rectum patellae befestigt. Das Gelenk wurde dann in 4 Schichten wieder verschlossen. Die Synovialis wurde mit eng sitzenden, feinen Katgut-Knopfheften (3/0), der M. quadriceps mit Katgut (2/0) vernäht. Die Faszie wurde in Höhe der Patella zur Unterstützung des Lig. femoropatellare laterale und um einer Patellarluxation nach medial vorzubeugen, mit 4 Synthofilfäden (2/0), im übrigen Bereich mit Katgut (2/0) verschlossen. Naht der subkutanen

Faszie mit Katgut (4/0). Hautnaht mit Synthofilknopfnähten (2/0). Die Operationswunde wurde durch Aufkleben steriler Gaze geschützt (Abb. 8). Auf eine Ruhigstellung der operierten Extremität wurde verzichtet.

Zur *Infektionsprophylaxe* erhielten die Hunde 4 Tage lang Antibiotika (Isocillin® per os – kleiner Hund 1,2 Mill., großer Hund 2,4 Mill. Einh.; oder Procain-Penicillin i. m. – kleiner Hund 1,3 Mill., großer Hund 2,6 Mill. Einh.

Nach 8–10 Tagen wurden die Hautfäden gezogen.

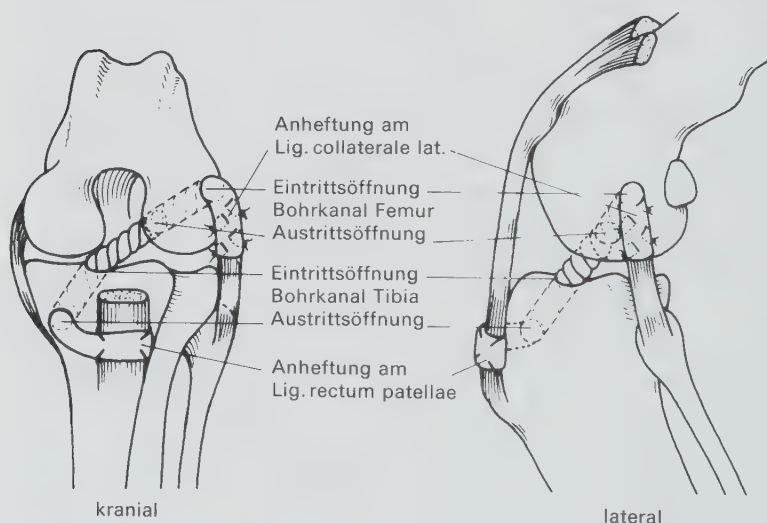


Abb. 8. Eigene Operationstechnik; links von kranial, rechts von lateral.

4. Postoperativer Verlauf. Die Versuchshunde wurden durchschnittlich 5 Wochen lang in Käfigen gehalten und nur zweimal täglich zum Kot- und Harnabsetzen geführt, ihnen somit möglichst wenig Bewegung gestattet.

Vom 1.–10. Tag p. op. wurden rektale Temperaturkontrollen vorgenommen, Allgemeinbefinden, postoperative Wundheilung und Belastungsbeginn täglich registriert.

Um den funktionellen Heilungsverlauf beurteilen zu können, wurden die Hunde einmal wöchentlich in Schritt und Trab an der Leine vorgeführt, später im freien Lauf und in ihren Zwingern beobachtet. Der Bewegungsablauf wurde nach folgenden Kriterien beurteilt (Definition der Lahmheitsgrade in Anlehnung an GEYER 1966):

1. undeutlich-geringgradige Lahmheit: geringes, kaum feststellbares Entlasten der schmerzhaften Gliedmaße.
2. deutlich-geringgradige Lahmheit: geringes, aber gut feststellbares Entlasten der schmerzhaften Gliedmaße.
3. mittelgradige Lahmheit: betroffenes Bein wird stark entlastet, aber noch kurz abgestellt.
4. hochgradige Lahmheit: fehlende Belastung der operierten Gliedmaße oder nur ab und zu leichte Berührung des Bodens.

Bei der speziellen Untersuchung der Kniegelenke wurden durch Adspektion und Palpation eventuelle Muskelatrophie an Ober- und Unterschenkel sowie die Gelenkkonturen, insbesondere vermehrte Gelenkfüllung – medial und lateral des Lig. rectum patellae – ermittelt. Die *Prüfung der Funktion* des Femoropatellargelenks und der Stabilität und Beweglichkeit des Femorotibialgelenks (Schubladenphänomen, Seitwärtsverschiebbarkeit und Rotation der Tibia bei fixiertem Femur) wurde, um das Operationsergebnis nicht durch gewaltsame Manipulationen zu beeinflussen, erst bei *Versuchsende* vorgenommen. Da eine korrekte Beurteilung der Beweglichkeit nur in relaxiertem Zustand möglich ist, wurde die Untersuchung in Narkose vorgenommen. Bei dieser Gelegenheit wurden zum Abschluß der klinischen Untersuchung – mit Ausnahme von 3 Hunden – bei allen Tieren, die 6 Wochen und länger im Versuch standen, zur Erfassung etwaiger Veränderungen im Sinne einer Arthrosis deformans Röntgenaufnahmen beider Kniegelenke in medio-lateralem und kranio-kaudalem Strahlengang sowie der Hüftgelenke in ventro-dorsalem Strahlengang angefertigt. Die Beurteilung erfolgte unter besonderer Berücksichtigung der Weichteilkonturen (Bänder, Gelenkkapsel, Corpus adiposum genus), der Stellung der Gelenkenden zueinander, der Knochenstrukturen am Gelenkrand und der Gelenkkonturen (YÜCEL 1971). Die Einordnung der röntgenologisch erfaßbaren arthrotischen Veränderungen in ein Anfangsstadium, fortgeschrittenes und weit fortgeschrittenes Stadium – wegen der fließenden Übergänge nur bedingt durchführbar – wurde in Anlehnung an die Definitionen von SCHEBITZ u. ZEDLER (1961) vorgenommen. Dabei muß beachtet werden, daß das am Hüftgelenk diagnostizierbare Anfangsstadium, das lediglich durch eine Verschmälerung des Gelenkspalts infolge Abnützung des Knorpels gekennzeichnet ist, am Kniegelenk durch die Einschiebung der Menisken radiologisch nicht nachgewiesen werden kann. Osteophytäre Appositionen an den Bohrstellen wurden nicht als arthrotische Veränderungen beurteilt.

5. **Kontrolloperation.** Bei 11 Versuchshunden wurde im Abstand von 6–18 Wochen in der oben beschriebenen Weise das Kniegelenk nochmals eröffnet. Hierbei wurde der Zustand des Implantats sorgfältig registriert. Die

Beurteilung etwaiger arthrotischer Veränderungen war nur begrenzt möglich, da die hinteren Abschnitte des Gelenks, bei der Arthrotomie nicht genügend dargestellt werden können.

6. Pathologisch-anatomische Untersuchung. Die verbleibenden 10 Hunde wurden 2, 4, 9, 14 und 48 Wochen nach der Operation zur pathologisch-anatomischen Untersuchung des operierten Kniegelenks getötet. Bei 9 Hunden wurden zusätzlich Gewebeproben für eine *histologische Untersuchung**) entnommen. Es handelt sich hierbei um 3-4 mm starke Knochenscheiben mit dem im Querschnitt und Längsschnitt getroffenen, das Transplantat enthaltenden Bohrkanaal sowie um den intraartikulär verlaufenden Teil der Bandprothese samt den reaktiven Gewebeanteilen. Zusätzlich wurden ein normales Kreuzband und ein Streifen Lyodura histologisch untersucht.

7. Histologische Technik. a) Die Herstellung der *Knochenpräparate* aus unentkalktem Material erfolgte nach der von BURKHARDT (1970) angegebenen Methode. Färbungen: Goldner, Gomori, Gallaminblau-Giemsä, PAS und Thurnbullblau-Kernechtrot. b) Die Herstellung der *Gelenk-Band-Präparate* erfolgte nach Formalinfixierung mittels Paraplast-Einbettung, Färbung der ca. 5 μ dicken Schnitte mit Hämatoxylin-Eosin, nach Weigert-Elastika-van Gieson und Gomori.

*) Die feingewebliche Untersuchung wurde freundlicherweise von Herrn Dr. Schäffer aus dem Institut für Allgemeine Pathologie und Pathologische Anatomie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München (Vorstand Prof. Dr. J. v. Sandersleben) durchgeführt; die Ergebnisse sollen zu einem späteren Zeitpunkt in einer gemeinsamen Veröffentlichung dargestellt werden.

III. Ergebnisse

1. Kasuistik

A. Fälle 1-14 (große Hunde)

Fall 1: Nr. 10, Schäferhund-Bastard, m. (kastriert), 6½ Jahre, 36 kg.

Beobachtungszeit 2 Wochen (15 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Vor 4 Jahren Neurektomie des C VII und C VIII links; deutlich-geringgradige Lahmheit vorne links. Koxarthrosen nach Dysplasie bds., beide Femurköpfe in Subluxation.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per secundam, Wundbereich blaurot verfärbt, derb geschwollen, vermehrt warm.

Belastung: Rücksichtslose Belastung ab 1.Tag p.op., nach 14 Tagen deutlich-geringgradig lahm.

Untersuchung in Narkose: Schublade nachweisbar, geringe Seitwärtsverschiebung und Innenrotation der Tibia möglich. Patella nach medial luxiert.

Besonderheit: Das Tier war am ersten Tag nach der Operation aus aufrechtem Stand auf beiden Hinterbeinen auf die frisch operierte Extremität gefallen.

Sektion: Am 15.Tag p.op.

Makroskopischer Befund

Mit Ausnahme der Epidermis Nahtdehiszenz aller folgenden Schichten, teilweise organisiertes subkutanes Hämatom. Synovia rötlich verfärbt, an der Präparationsstelle zur Darstellung des femoralen Kollateralbandansatzes petechiale Blutungen. Synthofäden der proximalen und distalen Duraanheftung liegen reizlos, Dura in diesem Bereich bereits etwas resorbiert. Etwa reiskorngroße Eindellung des Gelenkknorpels am lateralen Femurkondylus. Vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes ziehen zarte Gewebsstränge (Durchmesser ca. 3 mm) zur Tibia.

Histologischer Befund

Tibia, Femur: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Normale endostale Ossifikation.

Zone des Implantats: Zwischen Bohrkanalwand und Transplantat bereits dünne Schicht gerichteten, zarten kollagenen Bindegewebes von diskontinuierlichem Verlauf. Konzentrisch nach innen schließt sich eine schmale Schicht stark zellig infiltrierter

Dura an. Der Hauptzelltyp ist der Histiozyt, dazwischen liegen Plasmazellnester mit Russell-Körperchen, außerdem besteht gute arterielle und venöse Kapillarisation. Diese Zone, in der durch die Abbauleistung der Zellen nur noch wenig Dura vorhanden ist, führt unmittelbar auf den das Bild beherrschenden Implantatrest über: »Totes« Kollagenmaschennetz der Dura, besetzt mit Histiozyten, zu Fremdkörperriesenzellen umgebauten Makrophagen und wenigen neutrophilen Granulozyten. Auch diese Zone ist gut vaskularisiert. Ganz im Zentrum des Transplantats finden sich nur ganz vereinzelt kleine Kapillaren, Histiozyten, aus den Kapillaren ausgetretene Erythrozyten und Granulozyten.

Gelenk

Ersatzband: Marginal besteht bereits eine unter Zugwirkung gerichtete Zone zarten, zellreichen kollagenen Bindegewebes, in der sich noch kleine Herde nicht abgebauten, aber zellig infiltrierten Duragewebes befinden. Diese Bindegewebszone wird konzentrisch nach innen lichter, die Faserzwischenräume sind mit Erythrozyten und Siderophagen angefüllt. Dann folgt als Kern des Transplantats der weitaus größte Teil, der aus nur schwach und diffus von Histiozyten und Granulozyten infiltrierter Lyodura besteht. An einer Stelle dieser Zone liegen kalkig inkrustierte Nekrosen.

Synovialmembran: Starke, chronisch-entzündlich-zellige Infiltration, Riesenzellen und Siderozyten (fortgeschrittene Reparation p.op.). Eine Kapillarthrombose im Zustand der Organisation.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 2 Wochen.

Klinisch: Deutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ ca. 3 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia.

Histologisch: Beginnender Umbau im marginalen Bereich.

Komplikation: Nahtdehiszenz mit Ausnahme der äußeren Haut, stationäre Patellarluxation nach medial.

Fall 2: Nr. 16, Schäferhund-Bastard, m., 6½ Jahre, 32 kg.

Beobachtungszeit 4½ Wochen (32 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Vor 4 Jahren Neurektomie des C VII und C VIII; undeutlich-geringgradige Lahmheit vorne links.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende vorsichtige Belastung am 4. Tag p. op., 2.-4. Woche mittelgradige Lahmheit, geringe Atrophie des M. quadriceps.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenk frei beweglich, Tibia bei fixiertem Femur nach kranial verschiebbar. Patella sitzt fest in der Trochlea. Füllung der Gelenkkapsel kaum vermehrt.

Sektion: Am 32. Tag p.op.

Makroskopischer Befund

Synovia vermehrt, in Konsistenz und Farbe jedoch physiologisch. Gelenkknorpel unverändert, im Bereich des Kapselansatzes des Femoropatellargelenks ca. stecknadel-

kopfgröße osteophytäre Zubildungen. Dura an den Anheftungsstellen am lateralen Kollateralband und am Lig. rectum patellae vom umgebenden Gewebe kaum noch zu unterscheiden, im Gelenkspalt bis auf 2–3 mm dünne Septen reduziert. Ein dickerer Strang zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia und steht über zwei dünne Stränge mit dem distalen Bohrloch des Femur in Verbindung. Am tibialen Ansatz sind feine einsprossende Gefäße erkennbar (Abb. 9).

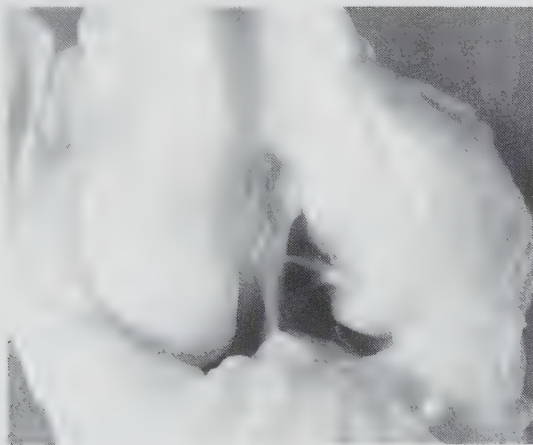


Abb. 9. Erklärung s. Text.

Histologischer Befund

Femur, Tibia: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Normale endostale Ossifikation unmittelbar übergehend in die schon entstandenen zarten Bindegewebslager der äußersten Implantatzone.

Zone des Implantats: Der aus aktiver Spongiosa trabeculosa oder lediglich aus Marksinus bestehenden Bohrkanalwand folgt konzentrisch nach innen eine schon stärkere Lage kollagenen, gerichteten Bindegewebes, das reich an arteriellen und venösen Kapillaren und Siderozyten ist. Die nächste nach innen folgende Schicht ist die Zone des aktiven Umbaus am Durakollagen, die den gesamten Implantatkern ausfüllt: In ein argyrophiles Fasernetz eingebettet und diffus verstreut sind Makrophagen und Riesenzellreihen in die Durakollagenmaschen eingebettet, Plasmazellnester mit Russell-Körperchen kommen vor. Ganz vereinzelt Granulozyten. Auch diese Zone ist gut vaskularisiert.

Gelenk

Ersatzband nicht getroffen.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 4 Wochen.

Klinisch: Mittelgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 2–3 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia mit 2 dünnen Strängen zum distalen Bohrloch des Femur.

Histologisch: Umbau nach zentral fortgeschritten.

Fall 3: Nr. 18, Schäferhund-Bastard, m., 6½ Jahre, 32 kg.

Beobachtungszeit 6 Wochen (42 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: HD III, weit fortgeschrittene Koxarthrosen bds.; ohne Lahmheit.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per secundam. Fistelöffnung im distalen Wundwinkel.

Belastung: Vorsichtige Belastung am 4. Tag p. op., nach 10 Tagen gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, danach keine Besserung der Funktion bis zur Kontrolloperation. Atrophie des M. quadriceps.

Untersuchung in Narkose: Vermehrte Füllung der Gelenkkapsel, deutliche Instabilität des linken Kniegelenks, gesamter Bandapparat gedehnt. Schublade deutlich auslösbar, Patella nicht luxierbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Kapselschatten verstärkt, Bohrkanäle sichtbar, keine arthrotischen Veränderungen erkennbar.

Kontrolloperation am 42. Tag p. op.: Fistel im unteren Wundwinkel zieht zur Duraanheftungsstelle am Lig. rectum patellae. Gelenkkapsel mäßig verdickt, Synovia vermehrt, jedoch bernsteinfarben und fadenziehend. Knorpelursen auf dem medialen Rollkamm, erste Anzeichen von osteophytären Wucherungen im Kapselansatzbereich des Femoropatellargelenks. Implantat gerissen, an seinen Austrittsstellen aus den Bohrkanälen nur noch als Granulationspfropfe erkennbar.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 6 Wochen.

Klinisch: Mittelgradige Lahmheit, Schublade deutlich auslösbar.

Makroskopisch: Ruptur des Ersatzbandes.

Komplikation: Fadenfistel.

Fall 4: Nr. 38, Schäferhund-Bastard, w., 5 Jahre, 30 kg.

Beobachtungszeit 9 Wochen (61 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: HD I bds.; ohne Lahmheit.

Operation: Rechtes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung am 11. Tag p. op., zum Zeitpunkt der Tötung mittelgradige Lahmheit im Schritt, hochgradige Lahmheit im Trab. Atrophie der gesamten Oberschenkelmuskulatur.

Untersuchung in Narkose: Gelenkbereich derb verdickt, Kapsel vermehrt gefüllt. Tibia bei fixiertem Femur in medio-lateraler Richtung gering, in kranio-kaudaler Richtung deutlich verschiebbar, freie Beweglichkeit bei Beugung und Streckung. Durch Druck auf den medialen Meniskus ruckartiges Vorwärtsgleiten des Meniskus bei Streckung tastbar.

Sektion: Am 61. Tag p. op.

Makroskopischer Befund

Synovialis der Gelenkkapsel samtartig verdickt, im parapatellaren Bereich gelblich-braune Zotten. Gelenkknorpel matt und grau, auf den Rollkammern sehr dünn.

Medialer Meniskus an seinem Kranialhorn längs eingerissen. Linsengroße Exostose am proximalen Bohrloch der Tibia. Bandplastik bis auf einen 1 mm dünnen, von der Medialfläche des Condylus lateralis femoris zum medialen Kreuzband ziehenden Bindegewebsstrang gerissen und resorbiert.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 9 Wochen.

Klinisch: Mittel- bis hochgradige Lahmheit, Schublade deutlich auslösbar.

Makroskopisch: Ruptur des Ersatzbandes.

Fall 5: Nr.17, Schäferhund, m., 6 Jahre, 29,5 kg.

Beobachtungszeit 9 Wochen (62 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Fortgeschrittene Koxarthrose bds. nach Dysplasie; ohne Lahmheit.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Nach 1 Woche vorsichtiges Belasten der operierten Extremität, 3.-7. Woche mittelgradige Lahmheit, bei der abschließenden Untersuchung deutlich-geringgradig lahm, geringe Quadrizepsatrophie.

Untersuchung in Narkose: Gelenkkapsel kaum vermehrt gefüllt, gering verdickt. Patella sitzt fest in der Trochlea. Schublade auslösbar.

Sektion: Am 62. Tag p. op.

Makroskopischer Befund

Gelenkkapsel derb, Synovialis im Bereich der Patella stellenweise bräunlich verfärbt, Synovia klar. Höckerige Struktur seitlich der Rollkämme, Gelenkknorpel auf den Rollkämmen dünn, rötlich durchscheinend. Durastreifen im Gelenk zu einer ca. 1 cm breiten, 1,5 mm dünnen Bindegewebsplatte umgebaut, die vom medialen Kreuzband zur Tibia zieht.

Histologischer Befund

Tibia, Femur: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Dargestellt durch unmittelbaren Kontakt des Implantats mit dem freien Markraum, d. h. den Marksinus; nur sehr spärlicher Kontakt mit der Spongiosa trabeculosa.

Zone des Implantats: Die unmittelbar an den Bohrkanal konzentrisch anschließende Schicht besteht aus einer Lage gerichteten Bindegewebes, die in diesem Fall relativ dünn und gefäßarm ist und Siderozyten enthält. Die nach innen konzentrisch anschließende Zone füllt den gesamten Kern des Bohrkanals aus: das lockere Kollagenmaschenwerk der Dura ist diffus mit Histiozyten und Granulozyten infiltriert. In Kapillarnähe Plasmazellnester, Riesenzellen nur spärlich.

Gelenk

Ersatzband insgesamt umgebaut, vom medialen Kreuzband, an das es sich anlehnt, gut zu unterscheiden: Keine gleichmäßige Faserrichtung, starke Vaskularisation, rund-zellige (plasmazelluläre) Infiltrate, Siderophagen.

Synovialmembran: O. B.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 9 Wochen.

Klinisch: Deutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband zieht als 1 cm breite, 1,5 mm dünne Bindegewebsplatte vom medialen Kreuzband zur Tibia.

Histologisch: Bandprothese umgebaut.

Fall 6: Nr. 39, Schäferhund, m., 5 Jahre, 26 kg.

Beobachtungszeit 11 Wochen (75 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Vor 3 Jahren Absprengfraktur der Corticalis femoris li., oberhalb des medialen Kondylus; ohne Lahmheit.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: P.p.

Belastung: Beginnende Belastung am 8. Tag p.op., nach 3 Wochen gute Belastung im Schritt, jedoch meist fehlende im Trab. In der 7. Woche Lahmheit mittelgradig. Zum Zeitpunkt der Kontrolloperation nur noch deutlich-geringgradig lahm.

Untersuchung in Narkose: Gelenkkapsel vermehrt gefüllt. Beugung gering vermindert, Schubladenstellung und leichte Seitwärtsverschiebung möglich. Patella nicht luxierbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Bohrkanäle sichtbar, Kapselschatten verstärkt. Unruhige Knochenstrukturen, besonders im Bereich des proximalen Bohrlochs der Tibia.

Kontrolloperation am 75. Tag p.op.

Gelenkkapsel derb, gelblich-braune Zotten an der Synovialmembran. Gelenknorpel matt, grau, Usuren an den Rollkämmen; stecknadelkopfgroße Zubildungen proximal und seitlich der Rollkämme. Duraplastik im Gelenk bis auf einen ca. 1,5 mm dünnen Strang reduziert, der vom medialen Kreuzband zur Tibia zieht.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 11 Wochen.

Klinisch: Deutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 1,5 mm) zieht vom medialen Kreuzband zur Tibia.

Fall 7: Nr. 1, Schäferhund-Bastard, w., 6 Jahre, 32 kg.

Beobachtungszeit 12 Wochen (80 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Weit fortgeschrittene Koxarthrosen bds. nach Dysplasie.

Operation. Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Vorsichtige Belastung 6 Tage p.op. In der 4. Woche mittelgradige Lahmheit, bei Versuchsende undeutlich-geringgradig lahm, M. quadriceps kaum atrophiert.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenkbereich nur wenig verdickt, keine vermehrte Füllung der Kapsel palpierbar. Freie Beweglichkeit in Beugung und Streckung, Schublade kaum auslösbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Bohrkanäle sichtbar, Kapselschatten verstärkt, im Bereich des proximalen Bohrlochs der Tibia unregelmäßige Verschattungen erkennbar.

Kontrolloperation am 80. Tag p.op.

Geringe Verdickung der Kapselwand, keine makroskopisch erkennbaren Anzeichen einer Arthrose. Dura zu einem bandartigen, ca. 4 mm dünnen Strang umgebaut, dessen proximaler Ansatz mit einem schwachen Anteil an der Bohrstelle des Femur, sein Hauptteil jedoch am medialen Kreuzband entspringt und nach kranio-medial und distal zur Tibia zieht (Abb. 10).



Abb. 10. Erklärung s. Text.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 12 Wochen.

Klinisch: Undeutlich-geringgradig lahm, Schublade kaum auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 4 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes und vom distalen Bohrloch des Femur zur Tibia.

Fall 8: Nr. 125, Schäferhund, m., 7 Jahre, 30 kg.

Beobachtungszeit 12 Wochen (80 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Vor 6 Jahren suprakondyläre Femurfraktur links mit Druckosteosynthese versorgt, linker Femur gering verkürzt; ohne Lahmheit.

Operation: Rechtes Knie.

Wundheilung: per secundam; Wundinfektion am 6.Tag p. op.

Belastung: Beginnende Belastung 9 Tage p.op., in der 3. Woche mittel- bis hochgradige Lahmheit. 80 Tage p.op. mittelgradig lahm, deutliche Atrophie der Oberschenkelmuskulatur.

Untersuchung in Narkose: Derbe Umfangvermehrung im Kniegelenkbereich, Kapsel vermehrt gefüllt. Bei passiver Bewegung Kniegelenk nicht vollständig beugbar, geringe Seitwärts-, deutliche Kraneo-Kaudalverschiebung der Tibia möglich. Patella nicht luxierbar.

Kontrolloperation am 80.Tag p.op.

Gelenkkapsel verdickt, Zottenniveau der Synovialmembran verstärkt. Knorpelusuraen an beiden Rollkämnen, osteophytäre Wucherungen seitlich der Rollkämme in Andeutung. Duraprothese zu einem 2-3 mm dünnen, weißen Strang umgebaut, der proximal vom medialen Kreuzband zur Tibia zieht. Ersatzband in Subluxationsstellung straff, in Normalstellung schlaff (Dehnung).

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 12 Wochen.

Klinisch: Mittelgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 2-3 mm) zieht, in seiner Länge gedehnt, vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia.

Komplikation: Wundinfektion.

Fall 9: Nr.8, Schäferhund-Bastard, m., 6 Jahre, 30 kg.

Beobachtungszeit 12 Wochen (81 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Links HD I., rechts HD II.Grades mit Koxarthrose im Anfangsstadium; ohne Lahmheit.

Operation: Rechtes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: 7 Tage p.op. vorsichtige Belastung, nach 5 Wochen deutlich-geringgradig lahm, vor der Kontrolloperation mittelgradige Lahmheit; Atrophie der gesamten Oberschenkelmuskulatur stark ausgeprägt.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenkbereich derb, Kapsel vermehrt gefüllt, deutliche Instabilität des Gelenks, Schublade deutlich auslösbar, seitliche Verschiebbarkeit und geringe Innenrotation möglich. Patella sitzt fest in ihrer Führinne.

Röntgenbefund rechtes Knie in 2 Ebenen: Kapselschatten verstärkt, Bohrkanäle deutlich sichtbar. Unregelmäßige Verschattung kranial an der Tibiagelenkfläche (Bohrloch). Kaudale Begrenzung der Tibiagelenkfläche mit unregelmäßigen Appositionen. Tibia in kranialer Subluxationsstellung. Coreandergröße Verschattung im Bereich der Eminentia intercondylica, unruhige Konturierung an den Seitenflächen der Femurkondylen und der Fossa intercondylica (fortgeschrittene Gonarthrose).

Becken, v.d.: Koxarthrose fortgeschritten.

Kontrolloperation am 81.Tag p.op.

Starke Verdickung der Kapselwand, Hypertrophie und Braunfärbung der Synovialzotten. Synovia stark vermehrt, sonst unauffällig. Gelenkknorpel matt, grau, mit Usuren an den Rollkämmen. Exostosen in Nachbarschaft der Bohrkanalmündungen

und im Bereich des Kapselansatzes des Femoropatellargelenks. Mediales Kreuzband matt-gelblich, in seiner Länge gedehnt. Duraplastik gerissen und bis auf einen Granulationswall an ihrer tibialen Ansatzstelle resorbiert.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 12 Wochen.

Klinisch: Mittelgradige Lahmheit, Schublade deutlich auslösbar, fortgeschrittene Gonarthrose.

Makroskopisch: Ruptur des Ersatzbandes.

Fall 10: Nr. 34, Schäferhund, m., 5 Jahre, 30 kg.

Beobachtungszeit 14 Wochen (98 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Vor 2 Jahren *Resektion des lateralen Kreuzbandes am linken Knie*. Ersatz des Bandes mit gestieltem Faszienstreifen (modifizierte Methode nach PAATSAMA). Fortgeschrittene Gonarthrose links; ohne Lahmheit.

Operation: Rechtes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung 6 Tage p.op., in der 3. Woche gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, bei Versuchsende deutlich-geringgradig lahm und kaum erkennbarer Quadrizepsatrophie.

Untersuchung in Narkose rechtes Knie: Gelenkbereich verdickt, Gelenksack vermehrt gefüllt. Freie Beweglichkeit in Beugung und Streckung, Schublade auslösbar.

Linkes Knie: Umfangsvermehrung, keine vermehrte Füllung des Gelenks palpierbar. Bei passiver Bewegung maximale Beugung eingeschränkt. Schublade kaum auslösbar.

Röntgenbefund rechtes Knie in 2 Ebenen: Unruhige Knochenstruktur im Bereich der Fossa intercondylica an der Medialfläche des Condylus lateralis femoris. Kapselschatten verstärkt, Bohrkanäle sichtbar.

Linkes Knie in 2 Ebenen: Verstärkter Kapselschatten, Bohrkanäle noch deutlich sichtbar. Eminencia intercondylica tibiae ausgezogen, ebenso seitliche Tibiagelenkränder. Etwa linsengroße Zubildung lateral und proximal am distalen Bohrloch des Femur (fortgeschrittene Gonarthrose).

Sektion: Am 98. Tag p.op.

Makroskopischer Befund

Rechtes Knie: Gelenkkapsel verdickt, an der Innenseite der Synovialis stellenweise bräunlich gefärbte Zotten, besonders im Bereich der Patella. Synovia vermehrt, sonst unauffällig. Knorpelursen an der Trochlea patellaris. Am medialen Rollkamm etwa reiskorngroßer Knorpeldefekt. Stecknadelkopfgröße Zubildungen an der Medialfläche des lateralen Condylus femoris (Bohrloch). Duraprothese zu einem ca. 3 mm starken bandartigen Strang, proximal vom medialen Kreuzband nach distal zur Tibia ziehend, umgebaut.

Linkes Knie (nach Bandersatz mit Faszie vor 2 Jahren): Kapselwand noch stärker verdickt als am rechten Knie, Synovialmembran faltig, gelb-braun verfärbt, Gelenkflüssigkeit o. B. Exostosen seitlich an den Rollkämmen, den Eintrittstellen der Bohrkanäle und der Eminencia intercondylica tibiae. Faszientransplantat gerissen und bis auf Stümpfe resorbiert.

Histologischer Befund

Femur, Tibia: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Freier Markraum und Marksinus umschließen das Implantat, nur vereinzelt Kontakt zwischen Spongiosa trabeculosa und schon umgebauter Dura.

Zone des Implantats: Die äußerste Zone besteht aus gerichtetem kollagenen Bindegewebe mit guter Vaskularisation; Siderozyten vorhanden. Nach innen schließt sich konzentrisch das stark zellig infiltrierte Kollagenmaschennetz der Dura an: Ein Heer von Retikulinfasern produzierenden Histiozyten, Granulozyten und Fremdkörperriesenzellen durchsetzt das Implantat. In Kapillarnähe Nester von Plasmazellen. Ganz im Zentrum ist die in Falten gelegte Dura erst spärlich histio- und leukozytär infiltriert.

Gelenk

Ersatzband: Gut umgebaute Prothese – wenig straffes oder gerichtetes kollagenes Bindegewebe beherrscht das Bild. Gute Vaskularisation (kleinkalibrige Arterien und Kapillaren). Teilweise freie Erythrozyten zwischen den Kollagenfasern, überall Siderophagen.

Synovialmembran: o. B.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 14 Wochen.

Klinisch: Deutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade kaum auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 3 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia.

Histologisch: Gut umgebaute Bandprothese aus wenig straffem, gerichtetem kollagenen Bindegewebe.

Fall 11: Nr. 37, Schäferhund, w., 5 Jahre, 23 kg.

Beobachtungszeit 16 Wochen (111 Tage).

Anamnese – präoperativer Befund: o. B.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Vorsichtige Belastung 8 Tage p.op., nach 3 Wochen gute Belastung mit mittelgradiger, nach 15 Wochen mit deutlich-geringgradiger Lahmheit. Oberschenkelmuskulatur atrophisch.

Untersuchung in Narkose: Umfang im Kniebereich und Füllung der Gelenkkapsel nur wenig vermehrt, geringe Beugehemmung, Schublade deutlich auslösbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Kapselschatten verstärkt, Bohrkanäle sichtbar. Unruhige Struktur proximal an den Rollkämmen, Apex patellae ausgezogen. Unregelmäßige Verschattung kranial der Eminentia intercondylica tibia und am Fibulaköpfchen (fortgeschrittene Gonarthrose).

Kontrolloperation am 111. Tag p.op.

Stratum fibrosum der Gelenkkapsel verdickt, Stratum synoviale mit hypertrophischen, bräunlichen Zotten. Gelenkknorpel matt, grau, proximal an den Rollkämmen etwa bohngroßer Defekt. Duraplastik zu einem 2–3 mm dünnen Bindegewebsstrang, der am medialen Kreuzband und am distalen Bohrloch des Femur entspringt und nach distal zur Tibia zieht, umgebaut.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 16 Wochen.

Klinisch: Deutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade auslösbar, fortgeschrittene Gonarthrose.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 2–3 mm) zieht vom medialen Kreuzband und dem distalen Bohrloch des Femur zur Tibia.

Fall 12: Nr.32, Schäferhund, w., 5 Jahre, 22 kg.

Beobachtungszeit 17 Wochen (119 Tage).

Anamnese – präoperativer Befund: o.B.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per secundam; Fistelöffnung im distalen Wundwinkel.

Belastung: Rücksichtslose Belastung ab 1.Tag p.op., nach 2 Wochen deutlich geringgradig lahm, bei Versuchsende Lahmheit undeutlich-geringgradig, fast keine Muskelatrophie.

Untersuchung in Narkose: Deutlich ausgeprägte, derbe Umfangsvermehrung im Kniegelenkbereich, passive Streckung und Beugung um ca. 20° eingeschränkt, Schublade kaum auslösbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Weichteil- und Kapselschatten verstärkt. Unregelmäßige Appositionen proximal an der Trochlea patellaris und kranial der Eminentia intercondylica tibiae (fortgeschrittene Gonarthrose).

Kontrolloperation am 119.Tag p.op.

Zwei Fistelkanäle ziehen zu den Synthofiläden der proximalen und distalen Duraanheftung bzw. den 4 das Lig.femoropatellare laterale verstärkenden Synthofiläden. Derbes fibröses Narbengewebe im Bereich der Schnittführung, Gewebsschichten nicht mehr voneinander trennbar. Synovialis verdickt, zottig, gelb-bräunlich verfärbt. Gelenkknorpel matt, am medialen Rollkamm sehr dünn, Usuren an der Trochlea patellaris, osteophytäre Zubildungen proximal und seitlich der Rollkämme. Dura zu einem 3 mm starken Strang, vom distalen Bohrloch des Femur bzw. vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia ziehend, umgebaut.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 17 Wochen.

Klinisch: Undeutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade kaum auslösbar, fortgeschrittene Gonarthrose.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 3 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes und dem distalen Bohrloch des Femur zur Tibia.

Komplikation: Fadenfistel.

Fall 13: Nr.50, Schäferhund-Bastard, m., 2 Jahre, 29 kg.

Beobachtungszeit 18 Wochen (126 Tage).

Anamnese – präoperativer Befund: Links HD I., rechts HD II.Grades; ohne Lahmheit.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Am 5.Tag p.op. wird das linke Hinterbein ab und zu, nach 9 Tagen meistens belastet, nach 3 Wochen mittelgradige, nach 4 Wochen deutlich-geringgradige Lahmheit, bei Versuchsende physiologischer Bewegungsablauf, ohne Lahmheit, keine Muskelatrophie.

Untersuchung in Narkose: Kniebereich mäßig verdickt, Kapsel vermehrt gefüllt. Freie Beweglichkeit des Gelenks in Beugung eingeschränkt, Schublade kaum auslösbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Kapselschatten verstärkt, Bohrkanäle sichtbar. Geringfügig unruhige Struktur an der kaudalen Tibiagelenkfläche. Medialfläche des lateralen Condylus femoris unregelmäßig und unscharf begrenzt (fortgeschrittene Gonarthrose).

Kontrolloperation am 126.Tag p.op.

Kapselwand verdickt, an der synovialen Innenseite gelb-braune Zotten besonders in der Umgebung der Patella. Synovia stark vermehrt, gelblich, wässrig. Gelenkknorpel an der Trochlea patellaris dünn, seitlich und proximal der Rollkämme osteophytäre Zubildungen. Die Fossa intercondylica ist lateral von Exostosen überwuchert, die sich plattenförmig über den proximalen Ansatz des Ersatzbandes schieben. Die Prothese zieht, eng mit dem medialen Kreuzband verbunden, nach distal sich verbreiternd, zur Tibia ($\varnothing$ ca. 3 mm).

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 18 Wochen.

Klinisch: Ohne Lahmheit, Schublade kaum auslösbar, fortgeschrittene Gonarthrose.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 3 mm) zieht vom medialen Kreuzband zur Tibia.

Fall 14: Nr.12, Schäferhund-Bastard, w., 6 Jahre, 26,5 kg.

Beobachtungszeit 48 Wochen (332 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: HD II.-III. Grades und Koxarthrosen bds.; ohne Lahmheit.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: 2 Tage p.op. ab und zu vorsichtige Belastung, nach 14 Tagen gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, nach 7 Wochen undeutlich-geringgradig lahm, zum Zeitpunkt der Tötung im Schritt ohne Lahmheit, bei längerer Beanspruchung im Trab ab und zu undeutlich-geringgradig lahm.

Untersuchung in Narkose: Derbe Verdickung im Kniegelenkbereich, Gelenk-kapsel gering vermehrt gefüllt. Freie Beweglichkeit in Beugung geringgradig eingeschränkt, Schublade kaum auslösbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Kapselschatten deutlich verstärkt; Bohrkanäle teilweise noch sichtbar. Apex patellae ausgezogen; proximaler Trochlea-bereich unregelmäßig konturiert; kaudale Tibiagelenkfläche und Eminentia intercondylica tibiae leicht ausgezogen; an der kranialen Tibiagelenkfläche einige dornartige

Exostosen, reiskorngroße Exostose an der Medialfläche des lateralen Condylus femoris (Bereich der Bohrstellen). (Fortgeschrittene Gonarthrose.)

Sektion: Am 332. Tag p.op.

Makroskopischer Befund

Gelenkkapselfibrose, Synovialis teilweise braun verfärbt. Synovia kaum vermehrt, in Farbe und Konsistenz unverändert. Gelenkknorpel am lateralen Rollkamm fast vollständig abgeschliffen, am medialen Rollkamm reiskorngroße Delle; eine kleine, von proximo-lateral in die Fossa intercondylica ragende Exostose. Das Implantat ist zu einer bandartigen Bindegewebsplatte umgebaut, die das mediale Kreuzband in seinem gesamten Verlauf mit der Tibia verbindet.

Histologischer Befund

Femur, Tibia: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Etwa im Verhältnis 1 : 1 unmittelbarer Kontakt des Implantats mit dem Markraum bzw. den Marksinus oder der Spongiosa trabeculosa.

Zone des Implantats: Der ehemalige Bohrkanalraum ist verkleinert, das fibröse Gewebe der Peripherie an den Stellen mit unmittelbarem Kontakt zur Spongiosa trabeculosa zu Faserknochen transformiert. Peripher wie zentral kommen vom fibrösen Gewebe umwucherte Fadenreste vor (Duraprothese bestand aus zusammengefügten Einzelstücken). Das Zentrum des Implantats ist nur mangelhaft zellig infiltriert, von Gefäßen aber gut versorgt. Der Hauptteil des Durakollagens ist unverändert.

Gelenk

Ersatzband: Vollkommener Umbau der Prothese. Sie besteht aus gerichtetem kollagenen Bindegewebe, das von mittelstarken Arterien durchzogen ist. An einer Stelle reaktionsloses Nahtmaterial (Steppnaht der Bandprothese).

Synovialmembran: o. B.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 48 Wochen.

Klinisch: Meist ohne Lahmheit; Schublade kaum auslösbar, fortgeschrittene Gonarthrose.

Makroskopisch: Ersatzband zieht als 1 cm breite, 1,5 mm dünne Bindegewebsplatte vom medialen Kreuzband zur Tibia.

Histologisch: Vollkommen umgebaute Bandprothese aus gerichtetem kollagenen Bindegewebe.

B. Fälle 15–21 (kleine Hunde)

Fall 15: Nr. 686, Beagle, w., 1 Jahr, 8 kg.

Beobachtungszeit 2 Wochen (15 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Kniegelenk: bds. flache Tibiagelenkflächen, geringe Höhe der Eminentia intercondylica tibiae.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Zum Zeitpunkt der Tötung wird die operierte Extremität ab und zu vorsichtig belastet.

Untersuchung in Narkose: Gelenksack gering vermehrt gefüllt, Tibia bei fixiertem Femur seitwärts verschiebbar, Innenrotation möglich, Schublade auslösbar. Patella leicht nach medial luxierbar.

Sektion: Am 15. Tag p. op.

Makroskopischer Befund

Einer der das Lig. femoropatellare laterale unterstützenden Synthofilfäden ausgerissen, Narbengewebe gedehnt. Synovia etwas vermehrt, rötlich verfärbt. An der synovialen Innenseite der Gelenkkapsel vereinzelt Petchien.

Dura an den Anheftungsstellen teilweise resorbiert, jedoch noch gut zu erkennen; einsprossende Blutgefäße als rote Stippchen sichtbar; intraartikulär zu einem septenartigen, Strang ($\varnothing$ 3–4 mm) aus zartem, rötlich-glänzendem Bindegewebe umgebaut, der sich proximal eng an das mediale Kreuzband anlehnt und nach distal zum Bohrkanal der Tibia zieht.

Histologischer Befund

Tibia, Femur: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Durchgehend Kontakt des Implantats mit Spongiosa trabeculosa, nur vereinzelt Kontakt mit Marksinus.

Zone des Implantats: Dem Bohrkanal anliegend: Schwache Schicht präkollagenen, nur partiell gerichteten Bindegewebes. Unmittelbar anschließend die Zone des aktiven Duraabbaus: Ein Heer von Granulozyten, Retikulinfasern produzierenden Histiozyten, Fremdkörperriesenzellen sowie in Kapillarnähe Plasmazellnestern durchsetzt das bereits gut vaskularisierte Kollagenmaschennetz der Dura. Der Implantatkern ist erst schwach von Granulozyten und Makrophagen infiltriert. In den Saftspalten der Durafalten im Zentrum befinden sich plasmatische Ergüsse sowie ausgetretene Erythrozyten.

Gelenk

Ersatzband: Umbau gut fortgeschritten. Marginal bereits dünne Schicht kollagenen Bindegewebes. Das Zentrum des implantierten Bandstreifens ist von Retikulinfasern produzierenden Histiozyten und wenigen Granulozyten sowie freien Erythrozyten fast vollständig durchsetzt; nur vereinzelt kaum infiltrierte, homogene Duraabschnitte. Fremdkörperriesenzellen und kalkig inkrustierte Nekrosen kommen vor. Elastische Fasern werden bereits produziert.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 2 Wochen.

Klinisch: Mittel- bis hochgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 3 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia.

Histologisch: Fortgeschrittener Umbau der Bandprothese, marginal dünne Schicht kollagenen Bindegewebes.

Komplikation: Habituelle Patellarluxation nach medial infolge Nahtdehiszenz der Fascia genus.

Fall 16: Nr.732, Beagle, w., 1 Jahr, 7,2 kg.
Beobachtungszeit 4 Wochen (29 Tage).

Anamnese – präoperativer Befund: Geringgradige HD.

Operation: Rechtes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung nach 14 Tagen, in der 3. Woche gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit. Bei Versuchsende wird die operierte Extremität wieder häufiger geschont und dabei im Kniegelenk in Adduktionsstellung mit Innenrotation des Unterschenkels, im Sprunggelenk in Abduktionsstellung getragen. Geringe Muskelatrophie des Oberschenkels.

Untersuchung in Narkose: Füllung des Gelenks vermehrt, freie Beweglichkeit in Beugung und Streckung erhalten, jedoch deutliche Instabilität des Gelenks: Seitwärtsverschiebung und Innenrotation der Tibia möglich, Schublade deutlich auslösbar. In Streckstellung kann die Patella leicht nach medial luxiert werden.

Sektion: Am 29. Tag p. op.

Makroskopischer Befund

Subkutis im lateralen Bereich der Patella blutig infiltriert. Nahtdehiszenz in der Fascia genus, und zwar in der Mitte der 4 Synthofilhefte, Narbengewebe gedehnt. Synovialzotten hypertrophisch, in Umgebung der Patella gelb-bräunlich verfärbt. Synovia rötlich, vermehrt. Gelenkknorpel am medialen Rollkamm relativ dünn, durchscheinend, vereinzelt Usuren. Dura an den Anheftungsstellen weitgehend resorbiert und vom umgebenden Gewebe kaum zu unterscheiden. Ersatzband gerissen und bis auf einen rötlich-gelben Granulationswall an der tibialen Ansatzstelle resorbiert.

Histologischer Befund

Tibia, Femur: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Fast ausschließlich Kontakt des Implantats mit Spongiosa trabeculosa, nur kleinherdig Marksinuskontakt.

Zone des Implantats: Im ganzen klein. Die Osteoblasten der Bohrkanalperipherie senden feine Retikulinfasern in das Implantat aus. Das Durakollagennetz ist insgesamt stark kapillär vaskularisiert und diffus histiogramulozytär infiltriert. Plasmazellnester in Kapillarnähe, vereinzelt Fremdkörperriesenzellen. In unregelmäßigem Verteilungsmuster ist das Implantat von ungeformten Kollagenfaserzügen durchwirkt. Eine konzentrische Schichtentrennung kommt nicht vor.

Gelenk (2 fragmentäre Teile):

Ersatzband: Umbauprozess weiter fortgeschritten, die gesamte Prothese besteht aus gerichtetem kollagenen Bindegewebe, marginal kleinkalibrige Arterien. Im Implantatzentrum ganz vereinzelt Granulozyten.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 4 Wochen.

Klinisch: Mittel- bis hochgradige Lahmheit, Schublade deutlich auslösbar.

Makroskopisch: Ruptur des Ersatzbandes.

Histologisch: Umbau der Bandprothese weiter fortgeschritten, aus gerichtetem kollagenen Bindegewebe bestehend.

Komplikationen: Habituelle Patellarluxation nach medial infolge Nahtdehiszenz der Fascia genus.

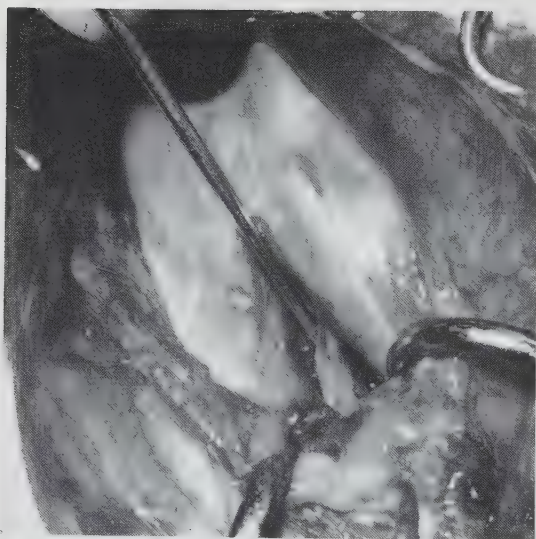


Abb. 11. Erklärung s. Text.

Fall 17: Nr. 818, Beagle, m., 1 Jahr, 11 kg.
Beobachtungszeit 6 Wochen (43 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: O. B.

Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung nach 1 Woche, 14 Tage p.op. gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, zum Zeitpunkt der Kontrolloperation ohne Lahmheit, keine Muskelatrophie.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenkbereich kaum verdickt, Gelenk gering vermehrt gefüllt, freie Beweglichkeit in Beugung und Streckung, Seitwärtsverschiebung der Tibia kaum, Schublade fast nicht auslösbar, Patella nicht luxierbar.

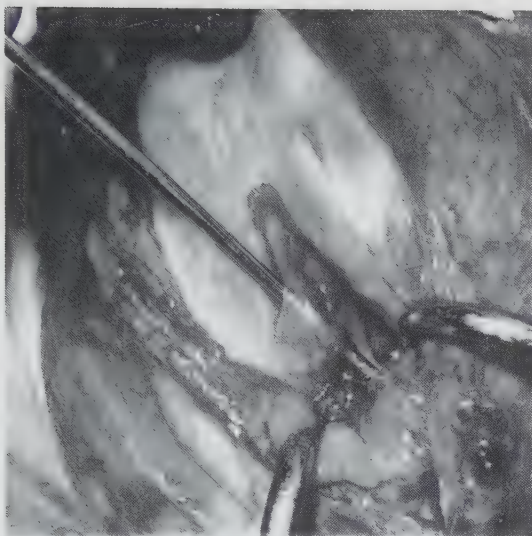
Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Bohrkanäle deutlich sichtbar, Kapselschatten verstärkt, sonst o. B.

Kontrolloperation am 43. Tag p.op.

Die der Verstärkung des Lig. femoropatellare laterale dienenden 4 Synthofilfäden liegen fest und reaktionslos im Narbengewebe. Beim Eröffnen des Gelenks fließt klare, fadenziehende Synovia ab. Sie ist kaum vermehrt.

Dura an ihren Anheftungsstellen am lateralen Kollateralband und am Lig. rectum patellae nicht mehr von der Umgebung zu unterscheiden. Im Gelenk ist sie in zwei voneinander getrennte Gewebsstränge umgebaut. Der eine Teil zieht als dünner, transparenter Streifen vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zum medialen Kondylus der Tibia und legt sich dabei der Innenseite des medialen Femurkondylus an. Der zweite, stärkere Teil verbindet als bandartiger Strang die Bohrkanäle in Femur und Tibia (Abb. 11, 12).

Abb. 12. Erklärung s. Text.



Zusammenfassung: Beobachtungszeit 6 Wochen.

Klinisch: Ohne Lahmheit, Schublade kaum auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 3–4 mm) zieht in 2 Strängen vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia bzw. vom distalen Bohrloch des Femur zum proximalen Bohrloch der Tibia.

Fall 18: Nr. 582, Beagle, w., 1 Jahr, 7,5 kg.

Beobachtungszeit 9 Wochen (63 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Geringgradige HD, besonders links.

1. Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Nach 2 Wochen p. op. nur ab und zu vorsichtige Belastung, meist wird die operierte Extremität in Adduktionsstellung im Kniegelenk mit Innenrotation der Tibia und Abduktion im Sprunggelenk geschont.

Untersuchung in Narkose: Kapsel kaum vermehrt gefüllt, Tibia in kranialer Subluxationsstellung, Patella stationär nach medial luxiert.

2. Operation am 17. Tag p. op.

Nahtdehiszenz der Fascia genus im parapatellaren Bereich, Kapselraffung durch Resektion eines 0,5 cm breiten Fasziestreifens und Anlegen von rückläufigen Synthofilnähten.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Nach 3 Tagen beginnende Belastung, in der 2. Woche p. op. gute



Abb.13. Erklärung s. Text.

Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, bei Versuchsende Belastung wieder verschlechtert, deutlich ausgeprägte Atrophie der gesamten Oberschenkelmuskulatur.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenkbereich derb verdickt, vermehrte Füllung des Gelenks kaum fühlbar. Tibia gering seitwärts verschiebbar und nach innen rotierbar, Schublade deutlich auslösbar. Reluxatio patellae nach medial (habituell).

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Luxatio patellae nach medial; Kapselschatten verstärkt, Bohrkanäle sichtbar.

Sektion: Am 63. Tag p. op.

Makroskopischer Befund

Synthofilfäden der Kapselraffung liegen reaktionslos, keine Nahtdehiszenz, jedoch Narbendehnung. Synovia in Konsistenz und Farbe unverändert, nur wenig vermehrt. Synovialis geringgradig verdickt, bräunliche Zotten besonders in der Umgebung der Patella. Keine makroskopisch erkennbaren Anzeichen einer Arthrose. Dura zu einem etwa 6-7 mm starken weißen, bandartigen Bindegewebsstrang, der mit dem medialen Kreuzband verbunden ist, umgebaut. Ersatzband in Normalstellung schlaff, in Subluxationsstellung gespannt (Abb.13).

Histologischer Befund

Tibia, Femur: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bohrkanalperipherie: Kontakt des Implantats mit Spongiosa trabeculosa oder freiem Markraum bzw. Marksinus.

Zone des Implantats: Der Bohrkanal ist als solcher noch einwandfrei erkennbar, jedoch zum weitaus größten Teil von ganz normalem Markgewebe angefüllt. Dazwischen

liegen spärlich normale kleine Trabekelausschnitte. Die eigentliche Zone des ehemaligen Duraimplantats liegt ganz im Zentrum, ist sehr klein und besteht aus gut vaskularisiertem fibrösen Bindegewebe.

Gelenk

Ersatzband: Umbauprozess weitgehend abgeschlossen. Implantat besteht aus gerichtetem kollagenen Bindegewebe, das von kleinkalibrigen Arterien durchsetzt ist. Zwischen den Kollagenfasern freie Erythrozyten. Zentral ganz vereinzelt kleine Inseln toten Duragewebes, dessen zellige Infiltration unmittelbar bevorsteht.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 9 Wochen.

Klinisch: Mittel- bis hochgradige Lahmheit, Schublade auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 6–7 mm) zieht, in seiner Länge gedehnt, vom distalen Bohrloch des Femur, eng mit dem medialen Kreuzband verbunden, zur Tibia.

Histologisch: Umbauprozess der Bandprothese weitgehend abgeschlossen; gerichtetes kollagenes Bindegewebe.

Komplikation: Stationäre Patellarluxation nach medial infolge Nahtdehizensz der Fascia genus, durch 2. Operation nach 17 Tagen behoben. Danach habituelle Reluxation der Patella nach medial infolge Narbendehnung.

Fall 19: Nr. 636, Beagle, w., 1 Jahr, 8 kg.

Beobachtungszeit 12 Wochen (84 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Flache Tibiagelenkflächen, Eminentia intercondylica minimal ausgebildet.

1. Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung 6 Tage p. op., nach 2 Wochen seltene Belastung, hochgradige Lahmheit, die linke Hintergliedmaße wird im Kniegelenk in Adduktionsstellung mit Innenrotation des Unterschenkels, im Sprunggelenk in Abduktionsstellung getragen.

Untersuchung in Narkose: Patella stationär nach medial luxiert, deutlich ausgeprägtes Schubladenphänomen, Innenrotation und Seitwärtsverschiebung der Tibia möglich.

2. Operation am 16. Tag p. op.

Nahtdehizensz der Fascia genus in Höhe der Patella. Reposition der Patella durch Mobilisation und Kapselraffung mit rückläufigen Synthofiläden nach Resektion eines 5 mm breiten Gewebstreifens aus der lateralen Kapselwand.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Nach 2 Tagen vorsichtige Belastung, 10 Tage nach der 2. Operation gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, vor der Kontrolloperation undeutlich-geringgradig lahm, Atrophie des M. quadriceps sehr gering.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenk bei Beugung und Streckung frei beweglich, keine Innenrotation, Seitwärtsverschiebung unbedeutend, Schublade kaum auslösbar. Patella sitzt fest in ihrer Führungsrinne.



Abb. 14. Erklärung s. Text.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Bohrkanäle sichtbar, sonst o. B.

Kontrolloperation am 84. Tag p. op.:

Die zur Fixation der Patella dienenden Synthofilfäden liegen fest und reaktionslos im Gewebe. Im Schnittbereich derb fibröses Narbengewebe, einzelne Schichten fest miteinander verwachsen. Am Gelenk keine Anzeichen einer Arthrose. Vom distalen Bohrloch des Femur bzw. dem medialen Kreuzband zieht ein 3-4 mm starker, bandartiger Gewebsstrang zur Tibia (Abb. 14).

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 12 Wochen.

Klinisch: Undeutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade kaum auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 3-4 mm) zieht vom distalen Bohrloch des Femur und dem medialen Kreuzband zur Tibia.

Komplikation: Stationäre Patellarluxation nach medial infolge Nahtdehiszenz der Fascia genus, durch 2. Operation nach 16 Tagen behoben.

Fall 20: Nr. 830, Beagle, w., 1 Jahr, 7,5 kg.

Beobachtungszeit 14 Wochen (98 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: o. B.

1. Operation: Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung 10 Tage p. op., in der 3. Woche typisches Bild einer durch habituelle Patellarluxation bedingten Lahmheit.

Untersuchung in Narkose: Patella in Streckstellung nach medial luxierbar, geringe Seitwärtsverschieblichkeit und Innenrotation der Tibia, deutliches Schubladenphänomen.

2. Operation am 17. Tag p.op.

Keine Nahtdehiszenz, jedoch Narbendehnung im parapatellaren Bereich; Kapselraffung mit rückläufigen Synthofilnähten.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Nach 3 Tagen gute Belastung, in der 2. Woche undeutlich-geringgradig lahm, zum Zeitpunkt der Tötung ohne Lahmheit, keine Muskelatrophie.

Untersuchung in Narkose: Kniegelenkbereich kaum verdickt, keine vermehrte Füllung der Gelenkkapsel, Beweglichkeit bei passiver Beugung und Streckung voll erhalten. Tibia nur sehr gering latero-medial verschiebbar, Schublade kaum auslösbar, Patella nicht luxierbar.

Röntgenbefund linkes Knie in 2 Ebenen: Kapselschatten gering verstärkt, Bohrkanäle noch sichtbar; unruhige Knochenstruktur in der Fossa intercondylica und kranial der Tibiagelenkfläche (Bohrstellen).

Sektion: Am 98. Tag p. op.

Makroskopischer Befund

Synthofilfäden liegen fest und reaktionslos im Narbengewebe. Beim Eröffnen des Gelenksackes fließt klare, zähflüssige Synovia ab. Die Synovialmembran ist gelbbraun verfärbt, an der Patella zeigt der Gelenkknorpel keine Veränderungen, er ist jedoch distal am medialen Rollkamm an zwei stecknadelkopfgroßen Stellen eingedellt. Vom proximalen Drittel des medialen Kreuzbandes zieht ein ca. 4 mm starker, in seiner Struktur bandartiger Gewebsstrang zum Bohrkanal der Tibia; eine Gewebsbrücke zum distalen Bohrloch des Femur besteht nicht (Abb. 15).

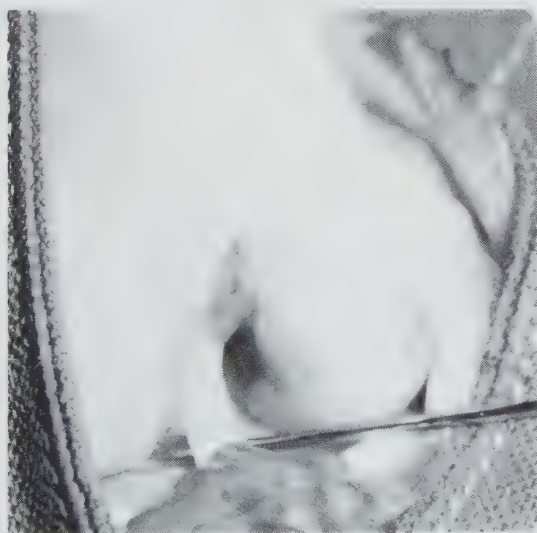


Abb. 15. Erklärung s. Text.

Histologischer Befund

Tibia, Femur: Knochengesamtbild zeigt normale Apposition.

Bobrkanalperipherie: Fast ausschließlich knöchern, d. h., das Implantat liegt unmittelbar der von Blastensäumen flankierten Spongiosa trabeculosa an.

Zone des Implantats: Marginal liegt eine Schicht gut durchgeformten und vaskularisierten kollagenen Bindegewebes. In Kapillarnähe vereinzelt Plasmazellen und Mastzellen. Diese Zone nimmt die Hälfte des Implantats ein. Sie geht in eine zweite, gleich große, den Kern des Kanals ausfüllende Zone über, in der aktiver Abbau des Durakollagens in vollem Gange ist: Das Kollagengerüst ist erst spärlich vaskularisiert und nur schwach, aber diffus histio-granulozytär infiltriert. Vereinzelt Fremdkörperriesenzellen.

Gelenk

Ersatzband: Die Duraprothese als solche ist nicht mehr wiederzuerkennen, d. h. dem natürlichen Bandgewebe vergleichbares Material beherrscht das Bild, mit dem einzigen Unterschied, daß eine in Zugspannungsrichtung orientierte Ausrichtung von Kernen und Fasern noch nicht maximal erreicht ist. In einem Stück ist ganz zentral in der umgebauten Prothese noch ein Kern aus Histiozyten mit Retikulinfasersynthese, kleinkalibrigen Gefäßen sowie freien Erythrozyten zu erkennen.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 14 Wochen.

Klinisch: Undeutlich-geringgradige Lahmheit, Schublade kaum auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 4 mm) zieht vom proximalen Drittel des medialen Kreuzbandes zur Tibia).

Histologisch: Bandprothese natürlichem Bandgewebe vergleichbar, Ausrichtung von Kernen und Fasern in Zugspannungsrichtung noch nicht maximal erreicht.

Komplikation: Habituelle Patellarluxation nach medial infolge Narbendehnung, durch 2. Operation nach 17 Tagen behoben.

Fall 21: Nr. 784, Beagle, w., 1 Jahr, 10 kg.

Beobachtungszeit 16 Wochen (112 Tage).

Anamnese - präoperativer Befund: Geringgradige HD.

1. Operation : Linkes Knie.

Wundheilung: per primam.

Belastung: Beginnende Belastung nach 8 Tagen, nach 2^{1/2} Wochen Lahmheitsbild einer habituellen Patellarluxation.

Untersuchung in Narkose: Patella läßt sich bei passiver Streckung des Gelenks nach medial verlagern, Innenrotation und latero-mediale Verschiebung der Tibia gering, kranio-kaudale Verschiebung deutlich auslösbar.

2. Operation am 20. Tag p. op.

Narbengewebe gedehnt. Fixation der Patella durch Resektion eines 5 mm breiten Fasziestreifens und Naht mit rückläufigen Synthofiläden.

Wundheilung: per primam.

Belastung: 1 Woche nach der 2. Operation gute Belastung mit mittelgradiger Lahmheit, in der 5. Woche undeutlich-geringgradig lahm, bei Versuchsende ohne Lahmheit, keine Muskelatrophie feststellbar.

Untersuchung in Narkose: Mäßig derbe Umfangvermehrung im Kniebereich, keine vermehrte Füllung des Gelenks feststellbar, freie Beweglichkeit bei Beugung und Streckung, Patella nicht zu verlagern, Schublade kaum auslösbar, Tibia gering latero-medial verschieblich.

Röntgenbefund: linkes Knie in 2 Ebenen. Bohrkanäle noch deutlich sichtbar, Kapselschatten gering verstärkt.

Kontrolloperation am 112. Tag p. op.

Kunststoffäden sind fest in derbes Narbengewebe eingebettet. Im Bereich der Schnittführung sind die einzelnen Schichten nicht mehr voneinander trennbar. Synovia in Qualität und Quantität unverändert; Synovialis samtartig, bräunlich; Gelenkknorpel unverändert; seitlich des medialen Rollkammes im Bereich des Kapselansatzes geringfügig höckrige Struktur. Dura ist zu einem 2-3 mm starken Bindegewebsstrang umgebaut. Das Ersatzband zieht vom femoralen Ansatz des medialen Kreuzbandes in geradem Verlauf zur Tibiagelenkfläche.

Zusammenfassung: Beobachtungszeit 16 Wochen.

Klinisch: Ohne Lahmheit, Schublade kaum auslösbar.

Makroskopisch: Ersatzband ($\varnothing$ 2-3 mm) zieht vom proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes zur Tibia.

Komplikation: Habituelle Patellarluxation nach medial infolge Narbendehnung, durch 2. Operation nach 20 Tagen behoben.

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. Klinische Befunde (Tab. 12)

Bei Versuchsende zeigten 17 der 21 Hunde Symptome einer *gemischten Lahmheit* der operierten Gliedmaße. 4 Versuchshunde gingen mittel- bis hochgradig lahm. 3 dieser Tiere waren Beagles mit einer postoperativ entstandenen, habituellen Patellarluxation nach medial und ihrem typischen Lahmheitsbild, d. h. bei Schonung wurde die Gliedmaße mit Adduktion im Kniegelenk, Abduktion im Sprunggelenk und Innenrotation des Unterschenkels getragen. 4 Versuchshunde wiesen eine mittelgradige, 5 eine deutlich-geringgradige und 4 eine undeutlich-geringgradige Lahmheit auf. 3 Hunde belasteten die operierte Gliedmaße stets ohne Lahmheit, während 1 Tier nach längerer Beanspruchung im Trab ab und zu undeutlich-geringgradig lahmte.

In allen Fällen war das *Schubladenphänomen* auslösbar: 9mal war die Tibia ca. 2–5 mm, 8mal ca. 6–10 mm nach kranial verschiebbar. 4mal war eine deutlich abnorme Beweglichkeit von ca. 11 mm und mehr vorhanden. Meist war eine geringfügige Seitwärtsverschiebung und Innenrotation der Tibia möglich. 5mal wurde eine geringe Beugehemmung des Kniegelenks registriert.

Röntgenologisch konnte an 5 Kniegelenken eine postoperativ entstandene Arthrosis deformans nachgewiesen werden, wobei die Veränderungen in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von YÜCEL bevorzugt an der Tibia-gelenkfläche auftraten. Als *postoperative* Komplikation war insgesamt bei 7 Hunden (Fälle 1, 15, 16, 18, 19, 20 und 21 der Tab. 12) eine Patellarluxation nach medial infolge Nahtdehiszenz oder Narbendehnung der Fascia genus bzw. bei Fall 1 durch Nahtdehiszenz aller Schichten mit Ausnahme der äußeren Haut aufgetreten. 3mal wurden Wundheilungsstörungen registriert, die durch Fistelbildung im Bereich der Kunststoffäden verursacht wurden.

2. Makroskopische Befunde

Die bei den Kontrolloperationen bzw. autoptisch erhobenen makroskopischen Befunde ließen in 4 Fällen eine Ruptur des Ersatzbandes (Fälle 3, 4, 9 und 16 der Tab. 12) erkennen. Im Vergleich zur Stärke der implantierten Prothese

erschien das intakte, je nach Beobachtungszeit mehr oder weniger umgebaute Ersatzband 9mal im Durchmesser reduziert, hingegen 1mal deutlich vermehrt. Bei 2 Hunden imponierte das Ersatzband als Bindegewebsplatte, die von der gesamten Länge des medialen Kreuzbandes zur Tibiagelenkfläche zog.

Auffallend ist der Verlauf des Ersatzbandes: in 10 Fällen stellte es eine Verbindung zwischen der proximalen Ansatzstelle des medialen Kreuzbandes in der Fossa intercondylica mit der kranialen Tibiagelenkfläche bzw. der Gelenkkapsel in diesem Bereich dar. Nur 7mal konnte ein Ursprung im Bereich der Bohrkanaalmündung an der Medialfläche des lateralen Femurcondylus beobachtet werden, jedoch auch in diesen Fällen bestand eine enge Verbindung des Ersatzbandes mit dem medialen Kreuzband.

An den *Gelenkbildenden Geweben* bzw. der *Gelenkflüssigkeit* wurden folgende Veränderungen festgestellt: die Synovia war in 8 Fällen mehr oder weniger vermehrt, 1mal in ihrer Konsistenz auffallend wässrig, bei 3 Hunden nach kurzer Beobachtungszeit rötlich verfärbt. Die Gelenkkapsel war 10mal fibrös verdickt, am stratum synoviale in den meisten Fällen eine geringe Hypertrophie mit Braunfärbung der Zotten, besonders im parapatellaren Bereich, erkennbar. Der Gelenkknorpel erschien bei 5 Hunden matt-grau, bei 6 Tieren relativ dünn, an den Rollkämmen waren in 10 Fällen Knorpeldefekte in Form von Usuren oder Eindellungen feststellbar. Osteophytäre Zubildungen wurden im Bereich der Bohrkanaalmündungen 5mal beobachtet; seitlich und proximal der Rollkämme waren sie in 9 Fällen angedeutet, ausgeprägte Randwulstbildungen jedoch nie vorhanden. Deformierende Veränderungen an der Tibiagelenkfläche wurden nur 1mal registriert, wohl wegen der mangelhaften Darstellung dieses Gelenkabschnittes bei der Arthrotomie. Eine Meniskuskäsion, wie sie Paatsama häufig im Zusammenhang mit Kreuzbandrupturen sah, konnte bei einem Hund, dessen Ersatzband gerissen war, beobachtet werden.

3. Histologische Befunde

a) *Bohrkanalbereich* (intraossärer Implantatverlauf): Die Peripherie des implantathaltigen Bohrkanals in Femur und Tibia besteht größtenteils aus Spongiosa trabeculosa mit gut funktionierender endostaler Apposition, das heißt, die Knochenbälkchen sind von einer normoblastischen Osteoblastentapete umgeben. Es entspricht der Verlaufsrichtung des in einem Winkel von ca. 45 Grad, also vergleichsweise tangential, durch die Epiphysenköpfe von Femur (distal) und Tibia (proximal) angelegten Bohrkanales, daß die an diesem Skelettort inform von Zug- und Druckspannungstrajektorien ausgerichteten Spongiosabälkchen das Implantat nicht in Kontinuität umgeben können. Im

Tab.12. Ergebnisse - Übersicht Fälle 1-21.

Tab.12. Ergebnisse - Übersicht Fälle 1-21

Fall Rasse Gewicht	Beob.-Zeit Beginn d. Belastung	Lahmheit b. Vers. Ende	Schub- lade Stärke ø	Ersatzband Verlauf	p. op. Knie- gelenkbefund (rö.)	Postoperative Komplikationen		
1 Schäferbastard 36 kg	2 Wo. 1. Tg.	deutlich gering- gradig	++	3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. z. Tibia	nicht erhoben	Wundheilung p. s., Näht- dehiszenz mit Ausnahme der äußeren Haut	stationäre Patellar- luxation nach med.
2 Schäferbastard 32 kg	4 Wo. 4. Tg.	mittel- gradig	++	2-3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. u. dist. Bohrloch d. Femur z. Tibia	nicht erhoben	-	-
3 Schäferbastard 32 kg	6 Wo. 4. Tg.	mittel- gradig	+++	Ruptur	-	o. B.	Fistel im unteren Wundwinkel (Fadenfistel)	-
4 Schäferbastard 30 kg	9 Wo. 11. Tg.	mittel- hoch- gradig	+++	Ruptur	nicht erhoben	-	-	-
5 Schäferhund 29,5 kg	9 Wo. 7. Tg.	deutlich gering- gradig	++	1 cm breite, 1,5 mm dünne Bgw-Platte	v. med. Kreuzbd. z. Tibia	nicht erhoben	-	-
6 Schäferhund 26 kg	11 Wo. 8. Tg.	deutlich gering- gradig	++	1,5 mm	v. med. Kreuzbd. z. Tibia	o. B.	-	-
7 Schäferbastard 32 kg	12 Wo. 6. Tg.	undeutlich gering- gradig	+	4 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. u. dist. Bohr- loch d. Femur z. Tibia	o. B.	-	-
8 Schäferhund 30 kg	12 Wo. 9. Tg.	mittel- gradig	++	2-3 mm in der Länge gedehnt	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. z. Tibia	nicht erhoben	Wundinfektion	-
9 Schäferbastard 30 kg	12 Wo. 7. Tg.	mittel- gradig	+++	Ruptur	-	fortgeschrittene Arthrose	-	-
10 Schäferhund 30 kg	14 Wo. 6. Tg.	deutlich gering- gradig	+	3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. z. Tibia	o. B.	-	-

Tab. 12. (Fortsetzung).

11 Schäferhund 23 kg	16 Wo. 8. Tag	deutlich gering- gradig	++	2–3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. u. dist. Bohrl. d. Femur z. Tibia	fortgeschrittene Arthrose	–
12 Schäferhund 22 kg	17 Wo. 1. Tg.	undeutlich gering- gradig	+	3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. u. dist. Bohrl. d. Femur z. Tibia	fortgeschrittene Arthrose	–
13 Schäferbastard 29 kg	18 Wo. 5. Tg.	ohne Lahmheit	+	3 mm	v. med. Kreuzbd. z. Tibia	fortgeschrittene Arthrose	–
14 Schäferbastard 26,5 kg	48 Wo. 2. Tg.	(meist) ohne Lahmheit	+	1 cm breite, 1,5 mm dünne Bgw. Platte	v. med. Kreuzbd. z. Tibia	fortgeschrittene Arthrose	–
15 Beagle 8 kg	2 Wo. 13. Tg.	mittel- hoch- gradig	++	3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. z. Tibia	nicht erhoben	– habituelle Patellar- luxation nach med.
16 Beagle 7,2 kg	4 Wo. 14. Tg.	mittel- hoch- gradig	+++	Ruptur	–	nicht erhoben	– habituelle Patellar- luxation nach med.
17 Beagle 11 kg	6 Wo. 8. Tg.	ohne Lahmheit	+	3–4 mm	2 Stränge: 1. Teil v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. z. Tibia, 2. Teil (stärker) v. dist. Bohrl. d. Femur z. prox. Bohrl. d. Tibia	o. B.	–
18 Beagle 7,5 kg	9 Wo. 14. Tg.	mittel- hoch- gradig	++	6–7 mm, in d. Länge gedehnt	v. dist. Bohrl. d. Femur z. prox. Bohrl. d. Tibia, mit med. Kreuzbd. verbunden	o. B.	(1) stat. Patellarluxation n. med. (2) habituelle Relaxation d. Patella nach med.
19 Beagle 8 kg	12 Wo. 6. Tg.	undeutlich gering- gradig	+	3–4 mm	v. dist. Bohrl. d. Femur u. med. Kreuzbd. z. Tibia	o. B.	– stationäre Patellar- luxation nach med.
20 Beagle 7,5 kg	14 Wo. 10. Tg.	undeutlich gering- gradig	+	4 mm	v. prox. Drittel d. med. Kreuzbd. z. Tibia	o. B.	– habituelle Patellar- luxation nach med.
21 Beagle 10 kg	16 Wo. 8. Tg.	ohne Lahmheit	+	2–3 mm	v. prox. Ansatz d. med. Kreuzbd. z. Tibia	o. B.	– habituelle Patellar- luxation nach med.

Schulade: + = kaum auslösbar (2–5 mm); ++ = auslösbar (6–10 mm); +++ = deutlich auslösbar (11 mm und mehr).

Bereich dieser dem Bohrvorgang zum Opfer gefallenem Knochenstrukturen hält die Prothese deshalb unmittelbaren Kontakt mit normopoetischem Markgewebe (Abb. 16).

Hinsichtlich der am implantierten Duragewebe ablaufenden Ab- und Umbauvorgänge besteht im Bereich der Implantatrandzone zwei Wochen post operationem eine schmale Schicht gut vaskularisierten, zellreichen, retikulären und praekollagenen Bindegewebes (Abb. 17, linke Bildhälfte). Die Entstehung der Bindegewebsfasern aus den Endostzellen, Osteoblasten und Sinusendothelien, die als Differenzierungsstufen der primären Markretikulumzelle gelten (BURKHARDT 1970) sowie deren Umwandlung zu in das neugebildete Fasernetz integrierten Histiozyten ist klar zu verfolgen. In dieser Zone auftretende Siderophagen sind Ausdruck für die im Bereich der bohrtechnisch bedingten Blutungen vollzogene Resorptionsleistung. Diese schmale marginale Zone neugebildeten Bindegewebes führt in eine sich kontinuierlich und konzentrisch nach innen anschließende breitere Region des Implantates über, in der sich rege Ab- und Umbauvorgänge abspielen. Das heißt, die präoperativ zellfreien und avitalen Kollagenmaschen des Prothesenmaterials sind jetzt bei vorwiegend kapillärer Vaskularisation mit Makrophagen, dicht an das Durakollagen angelagerten Fremdkörperriesenzellen, bereits Fasern produzierenden Histiozyten sowie wenig Granulozyten durchsetzt. In Gefäßnähe kommen nestförmige Anhäufungen von Plasma- und Mastzellen vor (Abb. 18).

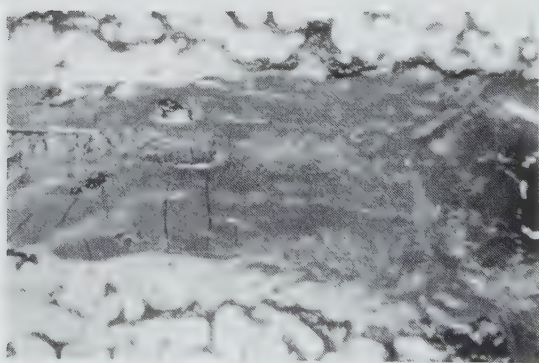


Abb. 16. Längsschnitt des von der Prothese ausgefüllten Bohrkanals nach einer Beobachtungszeit von 14 Wochen (Fall 20) im Übersichtsbild mit folgenden erkennbaren Strukturen: Marginal (unteres und oberes Bildviertel) spongiöse Knochenstrukturen der Bohrkanalperipherie. Zentral ein breiter Strang aus gerichtetem, kernarmem, gut vaskularisiertem kollagenen Bindegewebe, der an der Bohrkanalperipherie in unmittelbarem Kontakt mit Knochen- oder Markgewebe steht. Gomori $\times 8$.

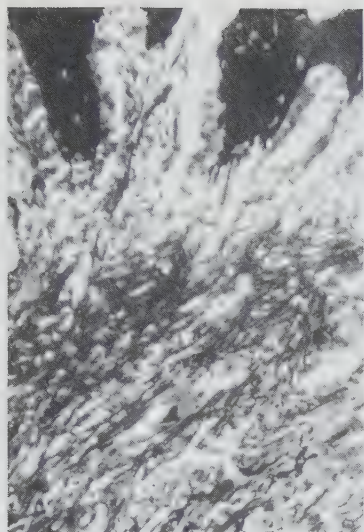


Abb. 17, linke Bildhälfte. Ausschnittvergrößerung aus der Randzone des von der Prothese ausgefüllten Bohrkanals nach einer Beobachtungszeit von 2 Wochen. Nach vollzogener Resorption des Leitschiene funktion einnehmenden Prothesenmaterials hat sich, ausgehend von den Osteoblasten der Bohrkanalperipherie (oberes Bilddrittel) eine lockere, gut vaskularisierte kollagenisierende Faserschicht formiert (mittleres Bilddrittel). Im unteren Bilddrittel ist der kontinuierliche Übergang in die zellig infiltrierte Zone des aktiven Umbaus zu erkennen. Gomori $\times 160$.

Rechte Bildhälfte. Ausschnittvergrößerung aus der Randzone des von der Prothese ausgefüllten Bohrkanals nach einer Beobachtungszeit von 14 Wochen. Die ehemals locker strukturierte Zone unreifen kollagenen Bindegewebes zeigt sich nun in gerichteter ausgereifter Form bei unmittelbarem Kontakt mit den Knochenstrukturen der Bohrkanalperipherie (oberes Bilddrittel). Zwischen den Kollagenfaserbündeln liegen reichlich runde bis längsovale Fibrozyten. Gomori $\times 160$.

Diese stark zellig infiltrierte sogenannte aktive Umbauzone führt wiederum kontinuierlich in das kleine, in noch nahezu präoperativem Zustand befindliche Kerngebiet des Implantats über. In ihm sind lediglich die durch die präoperative Faltung der Lyodura bedingten Spalten mit plasmatischem Material und freien Erythrozyten angefüllt (Abb. 19).

Vier Wochen post operationem bestehen insgesamt analoge Verhältnisse. Die in der Implantatrandzone neu entstandene Bindegewebsschicht hat sich jedoch verbreitert und erscheint damit stabiler.

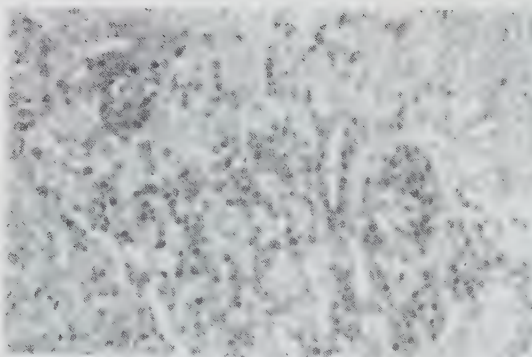


Abb. 18. Aktive Umbauzone. Vorwiegend rundzellige Infiltration des Implantats. In Kapillarnähe deutlich sichtbare Plasmazellnester. Stellenweise (oben und unten rechts außen) ist das Implantat noch als zellfreie Lyodura erkennbar. Gallaminblau-Giemsa $\times 128$.

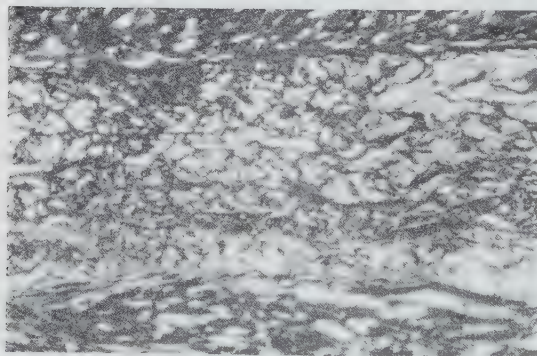


Abb. 19. Ausschnittvergrößerung aus dem Zentrum des von der Prothese ausgefüllten Bohrkanaals nach einer Beobachtungszeit von 9 Wochen: Erst spärlich von freien Erythrozyten und plasmatischem Material infiltrierte Kollagenstrukturen im Bereich der durch die präoperative Faltung des Implantats bedingten Spalten. Gomori $\times 80$.

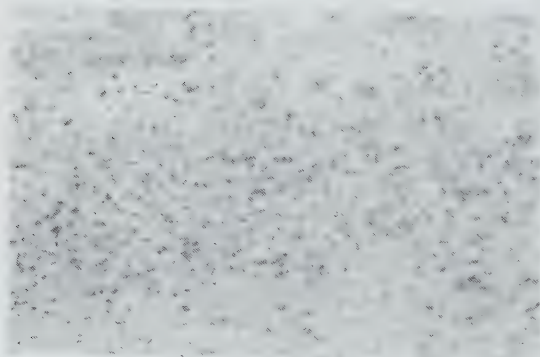
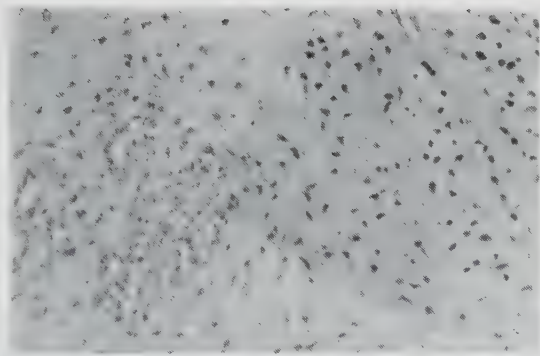


Abb. 20. Intraartikuläre Bandprothese 2 Wochen p.op.: marginal (unten) dünne Kollagenfaser-schicht, übergehend (Bildmitte) in das Retikulinfasern produzierende, Histiocyten, wenig Granulozyten und freie Erythrozyten enthaltende Implantatzentrum; nur noch vereinzelt, kaum infiltrierte Duraabschnitte in Kontakt mit Fremdkörperriesenzellen (links oben). H.E. $\times 80$.

Abb. 21. Intraartikuläre Bandprothese 9 Wochen p. op.: Implantat besteht aus mäßig gerichtetem, kollagenem Bindegewebe, das noch von einzelnen Kapillarnestern durchsetzt ist. H. E. $\times 80$.



Nach einer Beobachtungszeit von neun Wochen zeigt sich die marginale Bindegewebszone durch weiteren Faserzuwachs verstärkt. Die Region des sogenannten aktiven Umbaus ist unter fortschreitendem Einsprossen von neuen Bindegewebsfasern in den äußeren Bereichen leicht zentralwärts verschoben. Im Implantatkern sind zu diesem Zeitpunkt die noch deutlich als solche erkennbaren Kollagenmaschen des Prothesenmaterials erst schwach aber diffus, vorwiegend rundzellig infiltriert. Nach vierzehnwöchiger Beobachtungszeit existiert immer noch eine sogenannte aktive Umbauzone, die sich aber nun bis in den Implantatkern vorgeschoben hat. Die weiter verstärkte marginale Bindegewebszone zeichnet sich zu diesem Zeitpunkt durch ihre ausgereiften, gerichteten Kollagenfasern aus, die in unmittelbarem Kontakt zu den Knochen- oder Markstrukturen der Bohrkanalperipherie stehen (Abb. 17, rechte Bildhälfte).

b) *Gelenkspalt* (intraartikulärer Implantatverlauf): Der Umbauprozess im Bereich der intraartikulär verlaufenden Bandprothese spielt sich grundsätzlich in gleicher Weise ab. Über das Stratum synoviale bzw. fibrosum sprossen Gefäße ein und ermöglichen die entzündlich-zellige Infiltration der Implantatperipherie und damit die konzentrisch nach innen fortschreitende Resorption des Fremdmaterials (Abb. 20). Nach zwei Wochen kann Umbau und »Einheilung« des Implantats als gut, nach vier Wochen als weitgehend fortgeschritten, nach neun Wochen als bereits abgeschlossen angesehen werden (Abb. 21). Nach vierzehn Wochen ist der implantierte Durastreifen infolge Schwindens der entzündlich-zelligen Infiltrate und der Faserausrichtung durch Zugspannung von normalem, als Kontrolle dienendem Bandgewebe kaum mehr zu unterscheiden.

E. Diskussion

Die Kreuzbänder unterliegen einer starken Zugbeanspruchung und sichern als Hemmungsbänder die Stabilität, als Führungsbänder die Bewegungsabläufe im Kniegelenk in Beugestellung (RATHKE 1955). An die technische Durchführung des plastischen Kreuzbandersatzes sind im wesentlichen zwei Forderungen zu stellen: einmal die Verwendung von Ersatzgewebe, das der Funktionsbeanspruchung der Kreuzbänder gerecht wird, zum anderen eine weitgehende Nachahmung der normalen Verlaufsrichtung.

Für einen Kreuzbandersatz beim Hund durch lyophilisierte Humandura ließen sich zunächst einige Argumente anführen.

Lyophilisierte Dura, ein Maschenwerk aus *Kollagen*, das als biologische Substanz als »missing link« zwischen Hetero- und Alloplastik (WANKE und GRÖZINGER 1965) bezeichnet wird, scheint unter besonderer Berücksichtigung der Matrix- und Platzhalterfunktion als Implantat grundsätzlich geeignet und wegen ihrer Gewebefreundlichkeit (Katgut!) und Materialstruktur vergleichsweise günstige Voraussetzungen für eine Gewebssubstitution zu schaffen.

Dura kann etwa in der Stärke des zu ersetzenden Kreuzbandes (Platzhalterfunktion!) implantiert werden. Hinsichtlich mechanischer Parameter (s. Tab.9) erreicht Faszie zwar bessere Ergebnisse, ist jedoch dünner und als Matrix vom Volumen her weniger geeignet. Haut erfüllt dieses Kriterium besser, ihre mechanische Wertigkeit wird aber durch relativ starke Dehnbarkeit gemindert. Der guten initialen Stabilität alloplastischen Materials muß eine biologische Benachteiligung mit allen Konsequenzen gegenübergestellt werden.

Lyophilisierte Dura ist, steril verpackt, jederzeit verwendbar. Das Material erfordert außer der Rehydratation keinerlei Präparation. Sie ermöglicht im Vergleich mit einer gestielten oder freien Autoplastik weniger umfangreiche und kürzere operative Eingriffe, die Gefahr einer Muskelhernie, vor allem bei Hunden mit Faszienchwäche, wird umgangen. In Fällen, in denen bei geplanter Faszienplastik der Faszienzügel während oder nach der Präparation bzw. beim Durchziehen durch die Bohrkanäle reißt, ist die Dura ein optimaler Ersatz.

Es war grundsätzlich zu klären, ob das Implantationsmaterial der *mechanischen Beanspruchung als Kreuzbandersatz überhaupt gewachsen ist*, ob die unvermeidliche initiale Materialschwäche durch Einheilungs-, Einbau- und Umbau-

geschwindigkeit kompensiert und »überrollt«, eine Platzhalterfunktion erfüllt werden kann. Bei derartigen Untersuchungen ist die *Belastung des Gelenks bzw. der Prothese* (s. u.) naturgemäß von besonderer Bedeutung.

Die Beurteilung dieser entscheidenden Frage hat allein von sog. harten Kriterien, nämlich *intraoperativ bzw. autopsisch nachgewiesener Bandruptur* sowie makroskopisch und histologisch *objektivierbaren* sonstigen *intraartikulären Befunden*, auszugehen. Entsprechende Untersuchungen müssen weitgehend *standardisiert*, d. h. an Versuchstieren durchgeführt werden, da bei den zur Behandlung eingewiesenen Hunden die Verhältnisse im einzelnen nicht zu übersehen sind.

Die *Rupturbhäufigkeit* des Ersatzbandes im eigenen Material ist etwa gleicher Größenordnung wie bei Verwendung von Faszie, Sehne oder Kunststoff in vergleichbaren Untersuchungen (Tab. 13). Die Bandprothese war insgesamt 9mal mehr oder weniger deutlich reduziert, 3mal bindegewebig vermehrt.

Tab. 13. Häufigkeit von Rupturen nach experimentellem Kreuzbandersatz.

Autor	Verwendetes Material	Ruptur (partiell)
	Faszie	
Vaughan (1963)	3	1
Loeffler (1964)	14	keine Angaben
McCurnin et al. (1971)	26	7
	43	8
	Sehne	
Lampadius (1964)	5	0 (2)
Strande (1964)	3	1
Strande (1966)	9	2
	17	3 (2)
	Kunststoff	
Vaughan (1963)	3	1 (1)
Lampadius (1964)	6	2 (2)
Loeffler (1964)	11	keine Angaben
	20	3 (3)

Die auch von anderen Untersuchern immer wieder beobachtete reduzierte Bandstärke könnte durch partielle Ruptur, eher aber durch eine gesteigerte Resorption und vorzeitige Einschmelzung der Matrix bedingt sein.

Der Diskussion der vorgelegten Befunde unter klinischen Gesichtspunkten sollen im gegebenen Zusammenhang wesentlich erscheinende allgemeine Ausführungen über die *Wundheilung* sowie eine Besprechung der *histologischen Ergebnisse* vorangestellt werden.

Nach einer Verletzung werden innerhalb weniger Minuten alle physiko-chemischen Elemente einer Entzündung im Wundbereich erkennbar (KÜHNAU

1962). In einer ersten Phase kommt es zur Hyperämie und *Exsudation*. Diese Frühentzündung wird durch niedermolekulare Entzündungsstoffe (MENKIN 1950, 1955) von Peptidcharakter ausgelöst, die durch proteolytische Vorgänge nach Austritt von Zellflüssigkeit und Kapillarblut gebildet werden (WERLE 1963). Hierher gehören u. a. Stoffe, die die Durchlässigkeit bzw. Durchblutung der Kapillaren erhöhen.

Granulationsgewebe tritt überall auf, wo denaturiertes Eiweiß, so auch Fibrin, zu beseitigen ist. Die Fibrinfaser ist für ein gerichtetes Wachstum von Fibroblasten wesentlich (WLISS 1961), wenn auch grundsätzlich Fibroblasten ihre synthetische Leistung ohne Fibrinfasern vollbringen können. Die Fibrinbildung ist zum Abdecken und Verkleben der Wunde sowie zur Förderung der Wundheilung wichtig. Sie steht somit nicht zur zeitlich (BENZER, BLÜMEL u. PIZA 1963) im Vordergrund der Wundheilung; für die Qualität des Gerinnsels ist auch die Fibrinpersistenz wesentlich (DICK u. MATIS 1962). Die Zunahme der Reißfestigkeit einer Wunde geht mit der Zunahme kollagener Elemente einher (DUNPHY u. UDUPA 1955).

Vermehrte Freisetzung eines auch in seiner Zusammensetzung von der Norm abweichenden Exsudates kann zur Granulationshemmung (MASSHOF 1951, MATIS u. WUNDT 1951) mit einer *Beeinträchtigung der proliferativen Phase* der Wundheilung führen. Die hier bedeutsamen Permeabilitätsverhältnisse werden – ebenso wie die Fibrinbildung am Ort der Verletzung – wesentlich durch das hämostatische Gleichgewicht mitbestimmt. Allgemein hyperfibrinolytische Zustände, etwa durch Operationsstress, Hypoxie oder ausgedehnte Freisetzung proteolytischer Enzyme bei Gewebszerfall können sich dann besonders nachteilig auswirken, wenn das hämostatische Gleichgewicht zusätzlich *organspezifisch* gestört wird. Dies gilt z. B. für alle Gewebe mit vergleichsweise hohem Gehalt an Gewebeaktivator des fibrinolytischen Ferments – etwa Uterus, Prostata, aber auch *Synovialis* –, in deren Bereich aus dieser Sicht die Wundheilung grundsätzlich eher benachteiligt erscheint.

Als biologische Substanz ist die lyophilisierte Dura den phagozytären und fermentativen Angriffen des Empfängerorganismus ausgesetzt und erleidet infolgedessen – im Gegensatz zu alloplastischem Material – Umwandlungen bis zur völligen Auflösung. Die *Abbau- und Umbauprozesse erfolgen nach den Gesetzmäßigkeiten der Wundheilung, in Form einer vorwiegend proliferativen Entzündung*. Sie sind demnach vom Implantationsort, d. h. den unterschiedlichen Gewebsermentspiegeln in verschiedenen Körpermedien, von lokalen Durchblutungsverhältnissen und darüber hinaus von örtlich differenten *Funktionsbeanspruchungen* (JOPPICH 1971) abhängig.

Im Bereich des *intravaskulären Prothesenverlaufs* beginnt dieser Vorgang zunächst mit einer massiven histiozytären Invasion der Implantatperipherie; die das Durakollagen abbauenden histiozytären Zellelemente (Makrophagen) rekrui-

tieren sich aus den verschiedenen Differenzierungsstufen der Markretikulumzelle, hier besonders aus den Endostzellen sowie den Sinusendothelien. Vereinzelt vorkommende Fremdkörperriesenzellen beteiligen sich an der Resorption. Eine sehr früh einsetzende Retikulín- und Kollagenfasersynthese der ortsständigen Endostzellen sowie der neu entstandenen Histiozyten umhüllt – peripher beginnend und konzentrisch fortschreitend – die im kranken Umbau befindliche Zone. Die Vaskularisation des Granulationsgewebes erfolgt durch Einsprossen von arteriellen und venösen Gefäßspalten aus den Muskulus sowie aus kleinkalibrigen Arterien der Bohrkanalperipherie. In unmittelbarer Kapillarnähe befinden sich bereits frühzeitig nestförmige, rundzellige Infiltrate, die neben wenig Lympho- und Mastozyten vorwiegend Plasmazellen enthalten. Diese für die proliferative Entzündung kennzeichnenden rundzelligen Elemente dürften Ausdruck immunobiologischer Vorgänge sein. Synchron mit dem konzentrischen Wachstum der Proliferationszone erfolgt deren marginale Ausreifung durch Abnahme des Zellgehalts und beginnende Faserausrichtung.

Im Bereich des *intraartikulären* Verlaufs gehen Ab- und Umbau des Ersatzbandes ebenfalls nach dem Muster einer proliferativen Entzündung vor sich. Als ortsständige vitale Struktur für die entzündlich-zellige Infiltration und Transformation des Implantats in körpereigenes Gewebe stehen hier das Stratum synoviale bzw. fibrosum der Gelenkkapsel zur Verfügung. Die Resorption kommt somit – in Übereinstimmung mit LOEFFLER – durch marginales Einsprossen vorwiegend histiozytärer Zellen (Makrophagen) aus der *Synovialis* zustande, in deren Begleitung auch Granulozyten auftreten. Fremdkörperriesenzellen sind nur in geringer Zahl beteiligt. Mit diesem Vorgang sind Entstehung von Granulationsgewebe durch Differenzierung von Histiozyten in Retikulinfasern produzierende Fibrozyten und Kapillariogenese eng verbunden. Die konzentrisch fortschreitende Ausreifung des neu gebildeten Gewebes – Reduktion der infiltrationszelligen Komponente und durch Zugspannung induzierte Faserausrichtung – erfolgt jedoch wesentlich schneller als im Bereich des Bohrkanalverlaufs. Während dort noch nach 14 bzw. 48 Wochen Reste wenig infiltrierter Lyodur im Zentrum des Implantats nachweisbar waren, konnte der Umbau des frei im Gelenk verlaufenden Ersatzbandes nach 9 Wochen praktisch als abgeschlossen angesehen werden. Nach 14 Wochen war die Gewebsausreifung so weit fortgeschritten, daß eine Unterscheidung der Prothese von normalem Band kaum möglich war. Diesem zeitlichen, von anderen Autoren nicht erwähnten Unterschied der Resorptions- und Substitutionsvorgänge zwischen Knochen- und Gelenkteil der Prothese liegen voraussichtlich unterschiedliche Gewebsstoffwechsel zugrunde.

Vergleichbare histologische Untersuchungen an Kreuzbandplastiken mit lyophilisierter Dura sind nicht beschrieben worden. Vergleiche mit den im

Schrifttum verzeichneten histologischen Befunden an Faszien-, Haut- und Kunststoffplastiken sind wegen der Verwendung heteromorphen Materials erschwert und sollen deshalb nur die aus klinischer Sicht wichtigen Angaben über *Einheilungszeiten* berücksichtigen.

Die Beobachtungen von LOEFFLER (1964), daß *Faszientransplantate* am 65. Tag p. op. bis auf wenige Reste von Granulationsgewebe durchsetzt waren, entsprechen in etwa den Befunden am intraartikulären Teil der Duraplastiken 63 Tage nach Implantation.

Mit (*Voll-*)*Haut* ersetzte Kreuzbänder waren hingegen erst nach 159 Tagen von fibrösem Bindegewebe durchdrungen, da das Granulationsgewebe wegen der Epithelschicht nur einseitig einsprossen konnte.

Die Heilvorgänge nach Implantation *alloplastischen Materials* waren in den Untersuchungen von LAMPADIUS (1964) 3 Monate p. op. abgeschlossen. Die in diesen Fällen aufgetretenen bindegewebigen Demarkationserscheinungen an der Bohrkanalperipherie konnten bei der biologisch vorteilhafteren lyophilisierten Dura nicht beobachtet werden.

Ob entsprechend den Ergebnissen von SCHAARSCHMIDT (1972) mit homologer Dura eine schnellere Einheilung und Stabilisierung des Implantats zu erzielen ist, wäre zu klären.

Trotz Verwendung heterologer Dura konnten, in Übereinstimmung mit BURMEISTER (1961) und KRETSCHMAR (1968), bei keinem der Versuchshunde allergische Reaktionen beobachtet werden. Das Implantat war in allen Fällen komplikationslos eingeheilt.

ROSOMOFF (1959) erklärte die beim Hund nach Implantation menschlicher Dura im Vergleich zu auto- und homologer Dura aufgetretene stärkere entzündlich-zellige Infiltration mit einer durch größere Gewebsmengen der Humandura bedingten gesteigerten Resorptionsleistung des Empfängerorganismus.

Klinische Gesichtspunkte. Allein aus der Tatsache, daß große Hunde in der Regel früher und stärker belasten (LAMPADIUS 1964), können sich unterschiedliche Heilungsraten (PAATSAMA 1952) ergeben. Deshalb wurden die Versuchstiere in große Hunde (Gruppe A) und kleine Hunde (Gruppe B) unterteilt. Erschwerend kommt die individuelle Empfindlichkeit der einzelnen Tiere hinzu. Während robuste Tiere die operierte Gliedmaße sehr früh belasteten, konnte bei empfindlichen eine relativ lange Schonzeit beobachtet werden. LOEFFLER (1964) mißt dem Bewegungstraining, wie es beim Menschen durch gezielte postoperative Übungen der Muskulatur, allerdings erst nach totaler Ruhigstellung, therapeutisch angewandt wird, einen günstigen Einfluß auf das funktionelle Ergebnis bei. Beim Hund jedoch ist dieses unkontrollierte Muskeltraining, abgesehen von der fehlenden oder überhaupt nur eingeschränkt möglichen postoperativen Ruhigstellung, mit unkontrollierbarer

Belastung verbunden und bedeutet somit eine Gefährdung jedes im Umbau befindlichen gestielten oder freien Auto-, Homo- oder Heterotransplantats. Zudem ist die Bandprothese beim Hund wegen der Stellung des Kniegelenks in einem Winkel von durchschnittlich 140° einer Dauerbelastung ausgesetzt, so daß die in der Literatur berichtete Rupturfrequenz nicht überrascht (s. Tab. 13). Unter den *Versuchstieren der Gruppe A* waren 8 Hunde mit Hüftgelenksdysplasie und Koxarthrose unterschiedlicher Stärke in 6 Fällen sowie 2 Hunde mit einer geringgradigen Lahmheit der linken vorderen Extremität. Wenngleich keine signifikante Koinzidenz zwischen Hüftdysplasie bzw. Koxarthrose und dem postoperativen Lahmheitsgrad festzustellen war, kann ein Einfluß dieses präoperativen Befundes auf das funktionelle Ergebnis nicht ausgeschlossen werden. Die bei Fall 1 aufgetretene Patellarluxation darf mit Sicherheit als Folge des am 1. Tag postoperativ zugezogenen Traumas angesehen werden. In diesem Fall bestand die Zusammenhangtrennung nicht nur in der Kniefaszie, sondern erfaßte alle Schichten mit Ausnahme der Epidermis.

Bei den *Versuchstieren der Gruppe B* wurde der röntgenologisch nachweisbaren Deformierung im distalen Femur- bzw. proximalen Tibiabereich sowie den auffallend flachen Tibiagelenkflächen anfangs keine besondere Bedeutung beigemessen, da klinisch in keinem Fall eine Spontanluxation der Patella feststellbar war. Auffallend ist, daß alle Beagles, mit Ausnahme von Fall 17, der sowohl röntgenologisch einen geraden Knochenbau aufwies als auch einen ganz anderen Typus verkörperte, postoperativ eine Patellarluxation nach medial infolge Nahtdehiszenz bzw. Narbendehnung der Fascia genus zeigten. Die hier aufgetretenen Komplikationen (in 4 Fällen wurde eine 2. Operation zur Kapselraffung und Fixation der Patella vorgenommen, bei Fall 15 und 16 wurde wegen der kurzen Beobachtungszeiten keine Korrektur durchgeführt) lassen keine korrekte Beurteilung von Lahmheitsgrad und Lahmheitsdauer zu.

Die Tatsache, daß bei allen übrigen Versuchstieren keine derartigen Komplikationen auftraten, die langjährige gute klinische Erfahrung mit der angewandten Nahttechnik (Verstärkung des Lig. femoropatellare laterale durch mindestens 4 Kunststoffäden) im parapatellaren Bereich sowie die Übereinstimmung von Röntgenbefund und Komplikation bestärken uns in der Vermutung, daß die Patellarluxationen durch kongenitale Charakteristika (Krümmung des distalen bzw. proximalen Endes von Femur und Tibia und faßbeinige Gliedmaßenstellung) bedingt waren. KELLER (1965) weist darauf hin, daß die Patellarluxation eine Folge des Kreuzbandrisses sein kann, da bei Subluxation der Tibia nach kranial die Patella weniger straff fixiert ist und so leichter über die Rollkämme hinweg luxieren kann. Zudem wirkt das laterale Kreuzband einer Innenrotation der Tibia entgegen. Wird aber der normalerweise geradlinige Zug des M. quadriceps femoris durch die Krümmung der Knochenenden und der gesamten Gliedmaßenachse unterbrochen und ist die

frisch implantierte Bandprothese mechanisch minderwertiger als das normale Kreuzband, so ist eine Patellarluxation nach medial durchaus erklärlich. Die Dehnung kann durch eine Belastung infolge Fehllhaltung bedingt sein.

Um Vergleiche mit den klinischen Erfahrungen nach Faszienplastik, bei der an der Chirurgischen Tierklinik in München keine Immobilisation vorgenommen wird, ziehen zu können, war auf eine Ruhigstellung der operierten Gliedmaße verzichtet worden (s. u.). Daß in allen Fällen das Schubladenphänomen auszulösen war, dürfte ua. hierauf zurückzuführen sein.

Abgesehen von den 4 Fällen mit deutlich auslösbarer Schublade bei *Bandruptur* war in den restlichen 17 Fällen die Schublade in Übereinstimmung mit dem klinischen Bild 9mal kaum auslösbar (bis 4 mm). In diesen Fällen fand sich makroskopisch bzw. pathologisch-anatomisch die Stärke des Ersatzbandes in etwa dem Implantat entsprechend bzw. nur geringfügig reduziert. Mit Ausnahme von Fall 17 (Beobachtungszeit 6 Wochen) befanden sich alle diese Tiere jenseits der 12. Woche (p. op.), doch zeigt gerade dieser Fall, daß es bereits nach 6 Wochen zu einer Normalisierung der Stabilität kommen kann. – Unter den 8 Tieren mit auslösbarer Schublade (5–10 mm) finden sich 3 Hunde bis zur 4. Woche, 5 jenseits der 9. Woche, wobei Fall 18 nach 9 Wochen Beobachtungszeit (*Reluxatio patellae*) und Fall 8 nach 12 Wochen Beobachtungszeit in situ eine *Dehnung* des Ersatzbandes zeigten. 5mal war das Band reduziert. Die Schublade ist somit nicht immer abhängig von der Beobachtungszeit.

Die Wechselbeziehungen zwischen bestimmten klinischen Befunden bei unseren 17 operierten Hunden ohne Ruptur des Ersatzbandes sind in Tab. 14 dargestellt. Ein Zusammenhang (+) wurde hier angenommen, wenn sich die betreffenden Befunde bei mehr als der Hälfte der Beobachtungen einander zuordnen ließen. Umgekehrt muß dieser Zusammenhang nicht bestehen (Tab. 14):

So führt z. B. eine Dehnung des Bandes zwangsläufig zur Instabilität, die in situ am Kniegelenk direkt abzulesen ist. Eine Kapselfibrose kann diese spontanen Folgen der Banddehnung (im Grenzfall einer *Bandruptur*) weitgehend oder praktisch aufheben, d. h. das Schubladenphänomen nur bei geringfügiger oder fehlender Lahmheit nicht oder nur kaum auslösbar erscheinen lassen (s. Fall 10 des eigenen Materials, *linkes Knie*). Hieraus resultiert eine sicher sehr große Dunkelziffer hinsichtlich Spätrupturen der Ersatzbänder.

Ein weiterer wesentlicher Faktor für die postoperativ in allen Fällen nachweisbare kranio-kaudale bzw. geringe Seitwärtsverschiebung mit Innenrotation der Tibia bei fixiertem Femur ist mit dem trotz möglichst exakter intraoperativer Nachahmung des physiologischen Kreuzbandverlaufs *aberrierenden Verlauf des Ersatzbandes* gegeben: Es stellte 10mal eine Verbindung zwischen dem proximalen Ansatz des medialen Kreuzbandes (an der *Fossa intercondylica femoris*) und der kranialen Tibiagelenkfläche bzw. der Gelenkkapsel in diesem

Tab. 14 Wechselbeziehungen zwischen einzelnen Befunden bei 17 operierten Hunden ohne Ruptur des Ersatzbandes.

Beziehung zwischen		+/-
Schublade	Lahmheit	+
Schublade	Bandbefund	+
Schublade	Arthrose	-
Lahmheit	Arthrose	-
Lahmheit	Bandbefund	+
Bandbefund	Arthrose	+
Beobachtungszeit*)	Arthrose	+
Beobachtungszeit*)	Lahmheit	+
Zeitpunkt der 1. Belastung	Lahmheit	+

*) Befunderhebung bezieht sich hier auf den Zeitpunkt des Versuchsendes.

Bereich dar, in nur 7 Fällen konnte ein Ursprung im Bereich der Bohrkanalmündung an der Medialfläche des lateralen Femurkondylus beobachtet werden (Tab 12). Jedoch bestand auch in diesen Fällen eine enge Verbindung des Ersatzbandes mit dem medialen Kreuzband. Derartige Verklebungen oder Verlaufsformen wurden zwar auch von VAUGHAN (1963), LAMPADIUS (1964), STRANDE (1966) und WEICK (1967) beobachtet, jedoch nicht bewertet bzw. diskutiert.

Durch die Resektion der Bandstümpfe (in den eigenen Fällen des gesamten lateralen Kreuzbandes) dürften schlechte Ernährungsbedingungen für das Implantat bzw. Transplantat geschaffen werden. Nach unseren Beobachtungen erfolgt in Übereinstimmung mit LOEFFLER (1964) die Organisation des Bandersatzes im Gelenkspalt offenbar durch von der *Synovialis* gebildetes Granulationsgewebe.

Wie Abb. 3 zeigt, stülpen die Kreuzbänder die *Synovialis* von kaudal in das Gelenk ein. Wird das laterale Kreuzband von seiner femoralen Verankerung gelöst, so wird zwangsläufig die *Synovialis* durchtrennt. An der tibialen Verankerung des lateralen Kreuzbandes scheint die Durchtrennung des Bandes bzw. des synovialen Überzugs im Hinblick auf die Ernährung weniger bedeutsam, da in diesem Bereich die *Synovialis* durch das extrasynovial gelegene Hoffasche Fettpolster weit in den kranialen Abschnitt des Gelenks vorgeschoben wird.

Es wäre denkbar, daß die Organisation des Implantats im wesentlichen vom synovialen Überzug des - im übrigen auch besser vaskularisierten - medialen Kreuzbandes und des Hoffaschen Fettpolsters sowie der *Synovialis* im Bereich des Kapselansatzes kranial an der Tibia ausgeht. Man muß sich demnach fragen, ob die radikale Resektion der Bandstümpfe, wie sie beim »Cleaning-up« empfohlen und von den meisten Autoren auch beim Bandersatz vorgenommen wird, bei der Kreuzbandplastik überhaupt zweckmäßig

ist. GEYER (1966) vermutet, daß die Kreuzbänder des Hundes nervös versorgt sind, und daß daher ihre Resektion zur Ausschaltung irritierender schmerzhafter Reize führt. Doch scheint im Hinblick auf die durch Instabilität des Gelenks hervorgerufene Zug- und Dehnungsschmerzhaftigkeit der Gelenkkapsel die Resektion der Kreuzbänder aus obiger Indikation nicht überzeugend begründet. Zudem treten Lahmheitserscheinungen auch bei alten Kreuzbandrupturen mit vollständig resorbierten Bandstümpfen auf.

Ebenso wesentlich für die funktionelle Minderwertigkeit des Ersatzes ist offenbar auch, daß trotz Implantation einer gedrehten Bandprothese diese Drehung durch das umgebaute Gewebe nicht nachvollzogen wird; diese Drehung der beiden Bandzüge umeinander beim normalen Kreuzband (s. S. 9) ist jedoch funktionell sehr wichtig.

Eine Förderung des postoperativen Verlaufs und Besserung der Erfolgsaussichten des Eingriffs scheint am ehesten über eine heilungsadäquate Reduktion entzündlicher Vorgänge möglich. Dies wurde vorstehend (s. S. 70 f.) begründet.

Man sollte deshalb unbedingt einer *ausreichenden und ausreichend langen Ruhigstellung* den Vorrang einräumen, auch wenn die anatomischen Verhältnisse beim Hund keine konsequente und vollwirksame Immobilisation ermöglichen. Die nach Lage der Dinge weitestgehende Ruhigstellung gewährleistet so die wünschenswerte *Entlastung des Gelenks und des Ersatzbandes*, ohne die wichtigen funktionellen Reize auszuschalten. Aus den Befunden von JÄGER (1970) wäre, sofern eine Übertragung auf die Verhältnisse im Kniegelenk überhaupt zulässig ist, ein Mindestzeitraum von 14 Tagen abzuleiten.

Eine Kreuzbandprothese bietet grundsätzlich keinen vollwertigen Ersatz für das statisch bessere natürliche Ligament, dessen Reißfestigkeit beim Hund etwa das Vierfache seines Körpergewichts beträgt (GUPTA, BRINKER u. SUBRAMANIAN 1969). Die Beobachtungen von O'DONOGHUE et al. (1966), daß rekonstruierte Kreuzbänder auch mehrere Monate nach glatter Heilung (!) bei Zerreißversuchen eine erhebliche Einschränkung der Belastungsfähigkeit aufweisen, werden durch klinische Erfahrungen bestätigt.

Ideal wäre die gestielte Verpflanzung einer Sehne unter gleichzeitiger Mobilisierung und Verlagerung des zugehörigen Muskels derart, daß durch die Erhaltung der Eigenspannung des Muskels eine Spannung der verlagerten Sehne im Sinne einer dynamischen Plastik gewährleistet bleibt (LINDEMANN 1950, 1954).

Inwieweit allerdings Umbauvorgänge im Bereich der Sehne (STRANDE 1964, ZAHM 1966) diese dynamische Plastik funktionell wieder beeinträchtigen, scheint noch nicht geklärt. Nach den Beobachtungen von RATHKE (1955) sowie MITTELBACH u. GELBKE (1971) soll die Beweglichkeit der Sehne im Knochenbohrkanal erhalten bleiben. Nach J. BÖHLER sind degenerative bzw.

Umbauvorgänge, sofern die gestielte Verpflanzung der Sehne ohne Beeinträchtigung der Blutzufuhr erfolgt, allein infolge eines anderen Insertionspunktes nicht zu erwarten.

Abschließend muß hervorgehoben werden, daß die Ernährungsbedingungen für Kreuzbandplastiken relativ ungünstig sind. Es wäre demnach falsch, die *generelle Eignung* der Dura als Bandersatz *am Sonderfall des Kreuzbandes* zu messen.

Zusammenfassung

1. Nach einleitender Beschreibung der Anatomie des Kniegelenks des Hundes wird anhand der Literatur auf Ätiopathologie, Diagnose und Therapie der Kreuzbandruptur, speziell auf die operative Behandlung und die verschiedenen Operationstechniken eingegangen.
2. Die Eignung von lyophilisierter menschlicher Dura als Kreuzbandersatz wurde bei 21 Hunden (14 großen und 7 kleinen) geprüft.
3. Nach Totalresektion des lateralen Kreuzbandes wurde ein gedrehter Streifen rehydrierter, lyophilisierter Dura durch je einen BohrkanaI im lateralen Femur- und medialen Tibia-Kondylus gezogen und am Ligamentum collaterale laterale und dem Ligamentum rectum patellae fixiert.
4. Die Heilvorgänge wurden klinisch, makroskopisch und in 9 Fällen mikroskopisch untersucht.
5. Die Ergebnisse der postoperativen, autoptischen und mikroskopischen Untersuchungen werden unter Berücksichtigung der Ergebnisse anderer Autoren diskutiert. Bezüglich der Ruptur des Duraimplantats bestanden keine Unterschiede. Auf die Bedeutung der postoperativen Immobilisation des Kniegelenks wird hingewiesen.

Summary

1. Following a brief introduction on the anatomy of the stifle joint of the dog, etiopathology diagnosis and therapy of the anterior cruciate ligament rupture are reviewed, referring to the literature. Methods of surgical therapy are discussed, especially well-defined techniques for surgical repair resp. reconstruction.
2. The suitability of lyophilized human dura as cruciate ligament substitute was examined in 21 dogs (14 big, 7 small ones).
3. After a complete resection of the anterior cruciate ligament a twisted strip of rehydrated lyophilized dura was pulled through a femoral and a tibial tunnel, the ends of the implant were sutured to the lateral collateral ligament and to the Lig. rectum patellae.
4. Postoperative healing was examined clinically, the status of the implant was observed on probatory surgical interventions and autopsy at different intervals. Microscopic examination was performed in 9 cases.
5. The postoperative, autoptic and microscopic findings are discussed with special reference to the results presented by other investigators. There was no marked difference as to the frequency of postoperative rupture of the dural implant. The importance of immobilizing the operated stifle joint, as far as possible, is pointed out.

G. Literaturverzeichnis

- ADRIAN, M. J., W. E. ROY, P. V. KARPOVICH: Normal gait of the dog: an electrogoniometric study. *Amer. J. Vet. Res.* 27: 90 (1966).
- DE ANGELIS, M., R. E. LAU: A lateral retinacular imbrication technique for the surgical correction of anterior cruciate ligament rupture in the dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 157: 79 (1970).
- ARENS, W.: Lyophilisierte Dura bei Knieseitenbandplastiken und bei veralteten Achillessehnenrissen. Vortrag Tagung d. Vereinigg. Mittelrhein. Chirurgen 12. bis 14. Okt. 1972.
- ASTRUP, T.: The haemostatic balance. *Thrombos. Diathes. haemorrh. (Stuttg.)* 2: 348 (1958).
- BATTLE, W. H.: A case of suture of the crucial ligaments after open section of the knee-joint for irreducible traumatic dislocation. *Trans. clin. Soc. Lond.* 33: 232 (1900). Zit. n. Hey Groves (1919).
- BAUM, H., O. ZIETZSCHMANN: Handbuch der Anatomie des Hundes. 1. Bd.: Skelett u. Muskelsystem. 2. Aufl. Parey, Berlin 1936.
- BENZER, H., G. BLÜMEL, F. PIZA: Experimentelle Untersuchungen über die Beeinflussung der aseptischen Wundheilung durch einen Proteaseninhibitor. *Wien. klin. Wschr.* 76: 363 (1964).
- BÖHLER, J.: Persönliche Mitteilung.
- BRASS, W.: Faszientransplantation zum Ersatz von Kniegelenksbändern beim Hund. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 62: 208 (1955).
- BROOK, G. B.: Rupture of the anterior cruciate ligament in the dog. *Vet. Rec.* 12: 240 (1932).
- BURKHARDT, R.: Farbatlas der klinischen Histopathologie von Knochenmark und Knochen. Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1970.
- BURMEISTER, H.: Diskussionsbemerkung zu Weickmann, F.: Erfahrungen mit lyophilisierter Fremddura in der Deckung großer Duradefekte. In: Kettler, L. H., H. J. Serfling (Hrsg.): Gewebekonserven-Herstellung und Anwendung I, S. 56, VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1961.
- BUTLER, H. C.: Teflon as a prosthetic ligament in repair of ruptured anterior cruciate ligament. *Amer. J. vet. Res.* 25: 55 (1964).
- CARLIN, J.: Ruptur des Ligamentum cruciatum anterius im Kniegelenk beim Hund. *Arch. wiss. prakt. Tierheilk.* 54: 420 (1926).

- CHASTAIN, J. N.: Surgical technique, using skin, for repair of simultaneously ruptured anterior cruciate and medial collateral ligaments of the canine femorotibial articulation. Thesis for the Degree of Master of Science, Argicultural and Mechanical College of Texas 1959. Zit. n. LOEFFLER (1964) und GEYER (1966).
- CHILDERS, H. E.: New methods for cruciate ligament repair. – Repair by suture technique. *Mod. vet. Pract.* 47: 59 (1966).
- CRASSEL, C.: Band- und Sehnenplastik mit lyophilisiertem homologem Gewebe. *Beitr. Orthop. Traum.* 14: 666 (1967).
- MCCURNIN, D. M., P. T. PEARSON, W. M. WASS: Clinical and pathological evaluation of ruptured cranial cruciate ligament repair in the dog. *Amer. J. vet. Res.* 32: 1517 (1971).
- DICK, W., P. MATIS: Wundheilung und Anticoagulantien. *Verh. 8. Kongr. Europ. Ges. Hämatol.* Wien 1961. Karger, Basel – New York 1962, S. 349.
- DIETZ, O., V. SCHMIDT: Zum Vorkommen, zur Art und Therapie der Kniegelenksleiden beim Hund. *Mh. Vet.-Med.* 23: 61 (1968).
- O'DONOGHUE, D. H., CH. A. ROCKWOOD, G. R. FRANK, S. C. JACK, R. KENYON: Repair of the anterior cruciate ligament in dogs. *J. Bone Jt. Surg.* 48-A: 503 (1966).
- DUELAND, R.: A recent technique for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Anim. Hosp.* 2: 1 (1966).
- DUNPHY, E., K. N. UDUPA: Chemical and histochemical sequences in the normal healing of wounds. *New. Engl. J. Med.* 253: 847 (1955).
- ELLENBERGER, W., H. BAUM: *Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere.* 18. Aufl. Springer, Berlin 1943.
- EVANS, H. E., A. DE LAHUNTA: *Miller's guide to the dissection of the dog.* W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto 1971.
- FLEMMING, F.: Unsere Indikation zur Verwendung lyophilisierten Gewebes in der Wiederherstellungschirurgie. In: Kettler, L. H. u. H. J. Serfling (Hrsg.): *Gewebekonserven-Herstellung und Anwendung I.* S. 97. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1961.
- FLEMMING, F.: Die Anwendungsmöglichkeit konservierter Dura in der Wiederherstellungschirurgie. In: Kettler, L. H. u. H. J. Serfling (Hrsg.): *Gewebekonserven-Herstellung und Anwendung I.* S. 191. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1961.
- FOSTER, W. J., R. K. IMHOF, J. T. GORDELL: "Closed-joint" repair of anterior cruciate ligament rupture in the dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 143: 281 (1963).
- GEYER, H.: *Behandlung des Kreuzbandrisses beim Hund. Vergleichende Untersuchungen.* Vet. Diss. Zürich 1966.
- GIBBENS, R.: Patellectomy and a variation of Paatsama's operation on the anterior cruciate ligament of a dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 131: 557 (1957).
- GIBBENS, R.: Correction – Patellectomy and variation of Paatsama's operation of a dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 132: 163 (1958).
- GOETJES, H.: Über Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenks. *Dtsch. Z. Chir.* 123: 221 (1913).
- GUPTA, B. N., W. O. BRINKER: Anterior cruciate ligament prothesis in the dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 154: 1057 (1969).
- GUPTA, B. N., W. O. BRINKER, K. N. SUBRAMANIAN: Breaking strength of cruciate ligaments in the dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 155: 1586 (1969).

- HAMPERL, H., H. G. LUHR: Die Kollagenplombe. I. Implantation rekonstituierter Fasern. *Klin. Wschr.* 42: 12 (1964).
- HEY GROVES, E. W.: Operation for repair of the crucial ligaments. *Lancet II*: 674 (1917).
- HEY GROVES, E. W.: The crucial ligaments of the knee-joint: Their function, rupture and the operative treatment of the same. *Brit. J. Surg.* 7: 505 (1919).
- HOHN, R. B., J. M. MILLER: Surgical correction of rupture of the anterior cruciate ligament in the dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 150:1133 (1967).
- JÄGER, M.: Homologe Bindegewebs transplantation. Biomechanische Untersuchungen zur Frage der Transplantateignung verschieden strukturierter und konservierter Bindegewebstexturen in der orthopädischen Chirurgie. Aktuelle Orthopädie, Heft 2, Thieme, Stuttgart 1970.
- JANIK, B.: Kreuzbandverletzungen des Kniegelenks. de Gruyter & Co., Berlin 1955.
- JAROSCH, K.: Luxation und Bänderzerreißung im Kniegelenk des Hundes. *Wien. tierärztl. Mschr.* 27: 505 (1940).
- JOHNSON, F. L.: Use of braided nylon as a prosthetic anterior cruciate ligament of the dog. *J. Amer. vet. med. Ass.* 137: 646 (1960).
- JOPPICH, I.: Experimentelle und klinische Studien zum Bauchwandersatz. Habilitationsschrift München 1971.
- KELLER, W. F.: Diagnosing stiffleness in dogs. *J. Amer. vet. med. Ass.* 146: 1069 (1965).
- KETTLER, L. H., H. J. SERFLING (Hrsg.): Gewebekonserven-Herstellung und Anwendung I. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1961.
- KETTLER, L. H., H. J. SERFLING (Hrsg.): Gewebekonserven-Herstellung und Anwendung II. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1965.
- KRETSCHMAR, E.: Experimentelle Untersuchungen an Kaninchen und Hunden über die Verwendung von lyophilisierter Dura und Gewebeskleebsstoff (Histocoll T 100 B) zum Duraverschluß. Diss. Universität des Saarlandes 1968.
- KÜHNAU, J.: Biochemie der Wundheilung. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* 301: 23 (1962).
- KÜPPER, W.: Die Ruptur der Ligamenta decussata des Hundes. Vergleichende klinische und röntgenologische Untersuchungen. Vet. Diss. Gießen 1971.
- LAMPADIUS, E. W.: Vergleichende klinische und histologische Untersuchungen der Heilvorgänge nach Transplantation synthetischer und homoioplastischer Bänder bei der Ruptur der Ligg. decussata des Hundes mit der Operationsmethode nach Westhues. Vet. Diss. Gießen 1964.
- LEIGHTON, R. L.: Repair of ruptured anterior cruciate ligament with whole thickness skin. *Small Animal Clinician* 1: 246 (1961).
- LEONARD, E. P.: Orthopedic surgery of the dog and cat. W. B. Saunders Company, Philadelphia - London 1961.
- LINDEMANN, K.: Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzung. *Z. Orthop.* 79: 316 (1950).
- LINDEMANN, K.: Disk. Beitr. auf dem 22. Kongr. d. Dtsch. Ges. f. Orthopädie 1954 zu: Die Verletzungen des Kniegelenks mit Ausnahme der Meniskusverletzungen. *Z. Orthop.* 86: 207 (1955).
- LOEFFLER, K., J. R. REULEAUX: Zur Chirurgie der Ruptur des Ligamentum decussatum laterale. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 69: 69 (1962).

- LOEFFLER, K.: Kreuzbandverletzungen im Kniegelenk des Hundes. Anatomie, Klinik und experimentelle Untersuchungen. Schaper, Hannover 1964.
- LONGMIRE, W. P., jr., J. A. CANNON, R. A. WEBER: General surgical problems of tissue transplantation. In: Preservation and transplantation of normal tissue, S. 23. Ciba Foundation General Symposia. Churchill, London 1954.
- MASSHOFF, W.: Zit. n. Matis u. Wundt 1951.
- MATIS, P., W. WUNDT: Die Ausschaltung penicillinbedingter Störungen des Wundheilverlaufs durch Rutin. Langenbecks Arch. klin. Chir. 268: 346 (1951).
- MAYO-ROBSON: Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. Ann. Surg. 37: 716 (1903). Zit. n. Hey Groves (1919).
- MEDAWAR, P. B.: General problems of immunity. In: Preservation and transplantation of normal tissue, S. 1. Ciba Foundation General Symposia. Churchill, London 1954.
- MENKIN, V.: Dynamics of Inflammation. Macmillan & Co., New York 1950.
- MENKIN, V.: Biochemische Gesichtspunkte der Entzündung. Medizinische 1956: 557.
- MITTELBACH, H. R., H. GELBKE: Bandverletzungen am Kniegelenk. Unsere Indikation, Technik und Ergebnisse operativer Behandlung bei 110 Patienten. Chir. Praxis 15: 81 (1971).
- MÜLLER, A.: Topographisch-anatomische Grundlagen zu den Kniegelenksoperationen des Hundes. Zbl. Vet.-Med. A, 16: 785 (1969).
- NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. 1. Bd., Bewegungsapparat. 2. Aufl. Parey, Berlin - Hamburg 1961.
- NILSSON, F.: Om meniskskador hos hund. Svensk. vet. T. 48: 133 (1943).
- NILSSON, F.: Meniscal injuries in dogs. N. Amer. Vet. 30: 509 (1949).
- OMROD, A. N.: Restabilisation of the femoro-tibial joint in the dog following rupture of the anterior cruciate ligament. A simplified method of fitting a prosthetic ligament. Vet. Rec. 75: 375 (1963).
- PAATSAMA, S.: Ligament injuries in the canine stifle joint. A clinical and experimental study. Thesis Helsinki 1952.
- PAATSAMA, S.: Ein weiterer Beitrag zu den Kniegelenksoperationen beim Hund. Kongreßbericht XVII. Welttierärzte-Kongreß. Vol. 2: 997 (1963).
- POND, M. J., J. R. CAMPBELL: The canine stifle joint. I. Rupture of the anterior cruciate ligament, an assessment of conservative and surgical treatment. J. small Anim. Pract. 13: 1 (1972).
- RATHKE, F. W.: Die gestielte Sehne als plastischer Ersatz der Kreuzbänder. Z. Orthop. 86: 29 (1955).
- RATHOR, S. S.: Tissue transplants for repair of canine anterior cruciate ligament. Thesis for the Degree of Master of Science, Michigan State University of Agriculture and Applied Science 1959. Zit. n. Loeffler (1964).
- ROSOMOFF, H. L.: Ethylene oxide sterilized, freeze-dried dura mater for the repair of pachymeningeal defects. J. Neurosurg. 16: 197 (1959).
- ROUSH, J. C., R. B. HOHN, M. DE ANGELIS: Evaluation of transplantation of the long digital extensor tendon for correction of anterior cruciate ligament rupture in dogs. J. Amer. vet. med. Ass. 156:309 (1970).
- SCHAARSCHMIDT, J.: Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen zur Homo- und Heterotransplantation von Dura Mater. Vet. Diss. München 1972.
- SCHIBITZ, H.: Zur Röntgendiagnose der Kniegelenkserkrankungen beim Hund. Vortrag vor der Münchener Tierärztl. Ges. 13. 7. 1960. Ref. Mh. Tierheilk. 13, 26 (1961).

- SCHEBITZ, H., W. ZEDLER: Die Arthrosis deformans des Hüftgelenkes beim Hund. Dtsch. tierärztl. Wschr. 68: 41 (1961).
- SCHREIBER, J.: Beiträge zur vergleichenden Anatomie und zur Mechanik des Kniegelenks. Wien. tierärztl. Mschr. 34: 725 (1947).
- SCHREYER, TH.: Die Röntgenkontrastdarstellung des Kniegelenks beim Hund. Vet. Diss. München 1937.
- SCHROEDER, E. F., G. B. SCHNELLE: The stifle joint. N. Amer. Vet. 22: 353 (1941).
- SEWELL, W. H. jr., D. R. KOTH: Experimental homologous dura preserved by freeze-drying for repairing dural defects. Presented at the Surgical forum, Clinical Congress of the American College of Surgeons Atlantic City 1954. Zit. n. Rosomoff (1959).
- SINGLETON, W. B.: The diagnosis and surgical treatment of some abnormal stifle conditions in the dog. Vet. Rec. 69: 1387 (1957).
- SINGLETON, W. B.: Differential diagnosis of the stifle injuries in the dog. J. small Anim. Pract. 10: 269 (1961).
- SINGLETON, W. B.: Stifle joint surgery in the dog. Canad. vet. J. 4:142 (1963).
- SINGLETON, W. B.: Observation based upon the surgical repair of 106 cases of the anterior cruciate ligament rupture. J. small Anim. Pract. 10: 269 (1969).
- STEFFEN, C.: Allgemeine und experimentelle Immunologie und Immunopathologie Thieme, Stuttgart 1967.
- STRANDE, A.: A study of the replacement of the anterior cruciate ligament in the dog by the tendon of flexor digitalis pedis longus. Nrd. Vet.-Med. 16: 820 (1964).
- STRANDE, A.: Replacement of the anterior cruciate ligament in the dog. J. small Anim. Pract. 7: 351 (1966).
- STRANDE, A.: New methods for cruciate ligament repair. Use of a tissue prothesis. Mod. vet. Pract. 47: 52 (1966).
- TIMPL, R.: Immunobiologische Grundlagen des Gewebeersatzes. Langebecks Arch. klin. Chir. 327: 1083 (1970).
- VAUGHAN, L. C.: A study of the replacement of the anterior cruciate ligament in the dog by fascia, skin and nylon. Vet. Rec. 75: 537 (1963).
- VAUGHAN, L. C.: The use of skin for the replacement of the anterior cruciate ligament in the dog. A review of thirty cases. J. small Anim. Pract. 5: 167 (1964).
- WANKE, M., K. H. GRÖZINGER: Kollagenfolien als temporärer Hautersatz. Klinische und pathoanatomische Untersuchungen. Klin. Wschr. 43: 975 (1965).
- WEBER, K. A., J. KNIPPING: Zur Anwendung lyophilisierter Dura in der Chirurgie. Zbl. Chir. 91: 682 (1966).
- WEICK, W.: Die Behandlung der Ruptur der Ligamenta decussata des Hundes mit operativer Stillstellung des Kniegelenks (Arthrorhisis articuli genus). Vergleichende experimentelle und klinische Untersuchungen. Vet. Diss. Gießen 1967.
- WEISS, P.: The biological foundation of wound repair. Academic Press, New York 1961.
- WERLE, E.: Biochemische Bemerkungen zur Therapie mit Kallikrein und Kallikrein-inaktivator. Langenbecks Arch. klin. Chir. 303: 5 (1963).
- WESTHUES, M.: Vortrag auf dem 1. Vet.-Chirurg. Kongreß in Zürich 1956. Zit. n. Zahm (1966).
- WESTHUES, M.: Die Zerreißung der Ligamenta decussata im Kniegelenk des Hundes. Vortrag vor der Münchener Tierärztl. Ges. 13.7.1960. Ref. Mh. Tierheilk. 13: 25 (1961).

- WESTHUES, M.: Die Operation bei Zerreißung der Ligamenta decussata im Kniegelenk des Hundes. In: Berge, E., M. Westhues: Tierärztliche Operationslehre. 28. Aufl., S. 342. Parey, Berlin, Hamburg 1961.
- WESTHUES, M.: Die Operation bei Zerreißung der Ligamenta decussata im Kniegelenk des Hundes und der Katze. In: Berge, E., M. Westhues: Tierärztliche Operationslehre. 29. Aufl., S. 365. Parey, Berlin, Hamburg 1969.
- YÜCEL, R.: Spätergebnisse der Kreuzbandplastik mit Faszie beim Hund. Vet. Diss. München 1971.
- ZAHM, H.: Die Ligamenta decussata im gesunden und arthrotischen Kniegelenk des Hundes. Vet. Diss. München 1964.
- ZAHM, H.: Die operative Behandlung des Kreuzbandrisses beim Hund mit synthetischem Material. Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 79: 1 (1966).

Es ist mir ein besonderes Anliegen, Herrn Prof. Dr. H. SCHEBITZ, Vorstand der Chirurgischen Klinik der Tierärztlichen Fakultät der Universität München, für Überlassung des Themas und großzügige Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit zu danken.

Mein aufrichtiger Dank gilt Herrn Dr. G. SEIDEL für Anleitung und wertvolle Hilfe bei den experimentellen Untersuchungen, Herrn Dr. W. ZEDLER für Hinweise und verständnisvolle Diskussion röntgenologischer und technischer Fragen, sowie allen Mitarbeitern der Klinik, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Die histologischen Untersuchungen verdanke ich Herrn Dr. E. SCHÄFFER und Frl. H. KRAFT am Institut für Allgemeine Pathologie und Pathologische Anatomie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München (Vorstand: Prof. Dr. J. v. Sandersleben).

Lebenslauf

Am 26. März 1945 wurde ich in Ellwangen/Jagst geboren. Nach Besuch der Volksschule in Ellwangen und Stuttgart erwarb ich am 23. Februar 1965 das Zeugnis der Reife am Hölderlin-Gymnasium, Stuttgart. Im Sommersemester desselben Jahres begann ich das Studium der Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Fakultät der Universität München und bestand dort am 17. September 1970 die tierärztliche Prüfung.

Das Thema der vorgelegten Arbeit wurde mir im März 1971 gestellt. Während der Durchführung meiner experimentellen Studien wurde ich mit einem Promotionsstipendium unterstützt.

Seit 15. Juni 1972 bin ich als Verwalter der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten an der Chirurgischen Universitäts-Tierklinik in München tätig.

